

# NOVA ELETRONICA

N.º 12 — FEVEREIRO — 1978

COM SUPLEMENTO

Revista BUTE

987

A Nova Eletrônica completa  
o seu 1.º ano e cresce  
ainda mais...



**PRESCALER PARA SEU  
FREQUENCÍMETRO DIGITAL**

## SEÇÃO PY/PX:

O PROBLEMA DAS  
ONDAS ESTACIONÁRIAS.  
UMA ANTENA DIRECIONAL DE  
5 ELEMENTOS PARA 144 MHz.

**NOVOS CONTADORES AMPLIÁVEIS  
DE DOIS DÍGITOS** **144 págs.**



**ENGENHARIA:  
FILTROS MECÂNICOS**

**RADIOASTRONOMIA**

**O APROVEITAMENTO  
DA ENERGIA SOLAR**



**TRANSMISSOR DE FM  
PARA O PRÍNCIPIANTE**



**O RAIO LASER,  
UMA FORMA DIFERENTE DE LUZ**

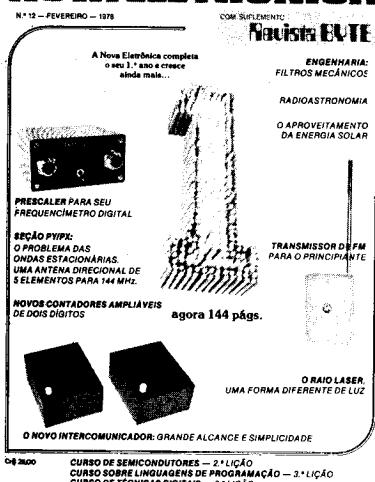
**NOVO INTERCOMUNICADOR: GRANDE ALCANCE E SIMPLICIDADE**

**CURSO DE SEMICONDUTORES — 2.ª LIÇÃO**

**CURSO SOBRE LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO — 3.ª LIÇÃO**

**CURSO DE TÉCNICAS DIGITAIS — 6.ª LIÇÃO**

# NOVA ELETRÔNICA



## EDITOR E DIRETOR RESPONSÁVEL

LEONARDO BELLONZI

## CONSULTORIA TÉCNICA

Geraldo Cohen

Joseph E. Blumenfeld

Juliano Barsali

Leonardo Bellonzi

## REDAÇÃO

Juliano Barsali (chefe)

José Silva Caetano

Yasuhiro Sato

## ARTE

Auro Costa (chefe)

Carlos W. Malagoli

João Batista Ribeiro F.º

João Antônio Ramos

## CORRESPONDENTE EM NEW YORK

Guido Forgnoni

## COMPOSIÇÃO

J.G. Propaganda

## IMPRESSÃO

Abri S.A. Cultural e Industrial

## DISTRIBUIÇÃO

Abri S.A. Cultural e Industrial

**NOVA ELETROÔNICA** é uma publicação de propriedade de EDITELE — Editora Técnica Eletrônica Ltda. Redação, Administração e Publicidade: R. Aurora, 171 — 2.º andar — Cj. 5 — Salas 2 e 3.

**TODA CORRESPONDÊNCIA DEVE SER EXCLUSIVAMENTE ENDEREÇADA A NOVA ELETROÔNICA** — CX. POSTAL 30.141 — 01000 — S. Paulo — SP. REGISTRO n.º 9.949-77 P153

# NOVA ELETROÔNICA

## SUMÁRIO

### KITS

- 634/2 Intercomunicador
- 642/10 Prescaler para freqüencímetro
- 648/16 Novos contadores ampliáveis

### Seção do principiante

- 654/22 Transmissor de FM, em kit
- 658/26 Medidor audível de luz

660/28 Energia solar: utilidade e aproveitamento

666/34 Laser, a nova luz

672/40 Não está nos livros!

673/41 Radioastronomia, essa misteriosa — 1.ª parte

677/45 Novidades Industriais

680/48 Noticiário

682/50 Equivalência entre integrados — conclusão

686/54 Como tornar CMOS mais compatível com TTL

687/55 Captador magnético para o novo tacômetro digital

### Áudio

- 689/57 Princípio básico dos toca-discos.
- 698/66 Decibéis simplificados.

### Seção PY / PX

- 704/72 Freqüências dos canais da faixa do cidadão
- 705/73 Antena direcional de 5 elementos para 144 MHz
- 711/79 Resolvendo o problema das ondas estacionárias
- 715/83 A ionosfera e a reflexão das ondas de rádio

### Engenharia

- 719/87 Filtros mecânicos.
- 725/93 Extraindo um maior desempenho dos integrados LSI — conclusão.

### Suplemento BYTE

- 736/104 Bits por segundo e Baud.
- 738/106 Curso de linguagens — 3.ª lição

### Cursos

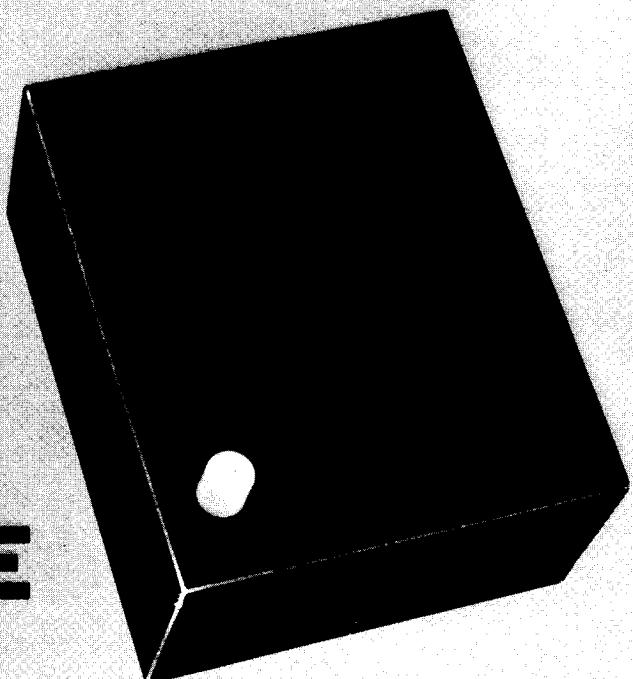
- 741/109 Curso de semicondutores — 2.ª lição
- 747/115 Curso de técnicas digitais — 6.ª lição

Todos os direitos reservados; proíbe-se a reprodução parcial ou total dos textos e ilustrações desta publicação, assim como traduções e adaptações, sob pena das sanções estabelecidas em lei. Os artigos publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. É vedado o emprego dos circuitos em caráter industrial ou comercial, salvo com expressa autorização escrita dos Editores; apenas é permitida a realização para aplicação dilatística ou didática. Não assumimos nenhuma responsabilidade pelo uso de circuitos descritos e se os mesmos fazem parte de patentes. Em virtude de variações de qualidade e condições dos componentes, os Editores não se responsabilizam pelo não funcionamento ou desempenho deficiente dos dispositivos montados pelos leitores. Não se obriga a Revista, nem seus Editores, a nenhum tipo de assistência técnica nem comercial; os protótipos são minuciosamente provados em laboratório próprio antes de suas publicações. NÚMEROS ATRADAS: preço da última edição à venda, por intermédio de seu jornaleiro, no Distribuidor ABRI de sua cidade. A Editele vende números atrasados mediante o acréscimo de 50% do valor da última edição posta em circulação. ASSINATURAS: não remetemos pelo reembolso, sendo que os pedidos deverão ser acompanhados de cheque visado pagável em S. Paulo, mais o frete registrado de superfície ou aéreo, em nome da EDITELE — Editora Técnica Eletrônica Ltda. Temos em estoque somente as últimas nove edições (veja as páginas internas).

**IN  
TER  
CO  
MU  
NI  
QUE-  
SE**



- FUNCIONA COM 4 PILHAS PEQUENAS
- UTILIZA UM ÚNICO CIRCUITO INTEGRADO (AMPLIFICADOR OPERACIONAL)
- MONTAGEM SIMPLES
- PERMITE UM MAIOR COMPRIMENTO DO CABO DE CONEXÃO (DE 30 A 80 M)
- DIMENSÕES REDUZIDAS: CADA CAIXA TEM 11 × 9 × 5 CM



# NOVO INTERCOMUNICADOR

*Para suprir a necessidade de comunicação entre setores ou salas de uma mesma empresa ou entre ambientes de uma residência, não existe nada melhor que um intercomunicador. Este novo modelo que estamos lançando, em kit, possibilita uma ótima amplificação de voz, devido à presença do amplificador operacional; tem uma aparência sóbria, adaptando-se a qualquer ambiente; permite conexões longas e apresenta um custo inferior, em relação aos intercomunicadores comerciais.*

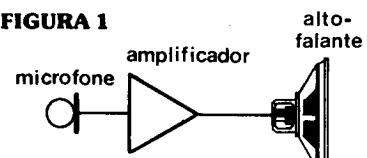
RICARDO KAWEKI

## Princípio de funcionamento

A idéia básica de um intercomunicador engloba um microfone, um amplificador e um alto-falante (figura 1). O microfone capta as ondas sonoras formadas pela voz, convertendo-as em um sinal elétrico; este sinal tem seu nível aumentado pelo amplificador e é então enviado, por meio de um cabo, até o alto-falante, onde é transformado novamente em ondas sonoras.

Mas, esse sistema nos permite transmitir a voz num único sentido; portanto, para podermos ter uma conversa pelo intercomunicador (ou seja, voz nos dois sentidos), poderíamos utilizar um segundo conjunto, formado também por um microfone, um amplificador e um alto-falante.

FIGURA 1



Fundamento de um sistema intercomunicador.

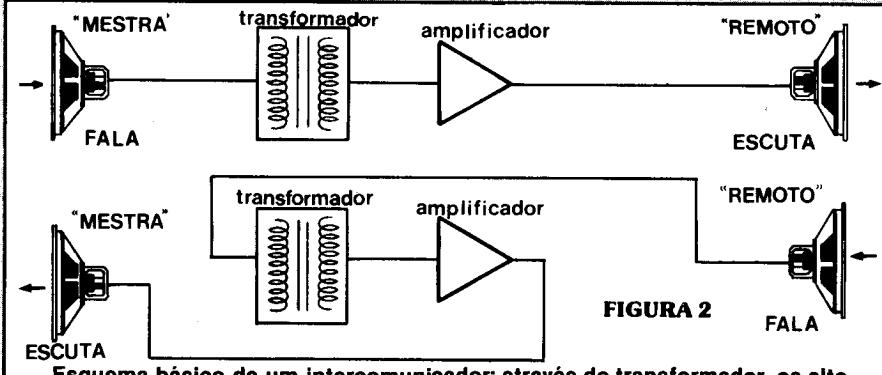
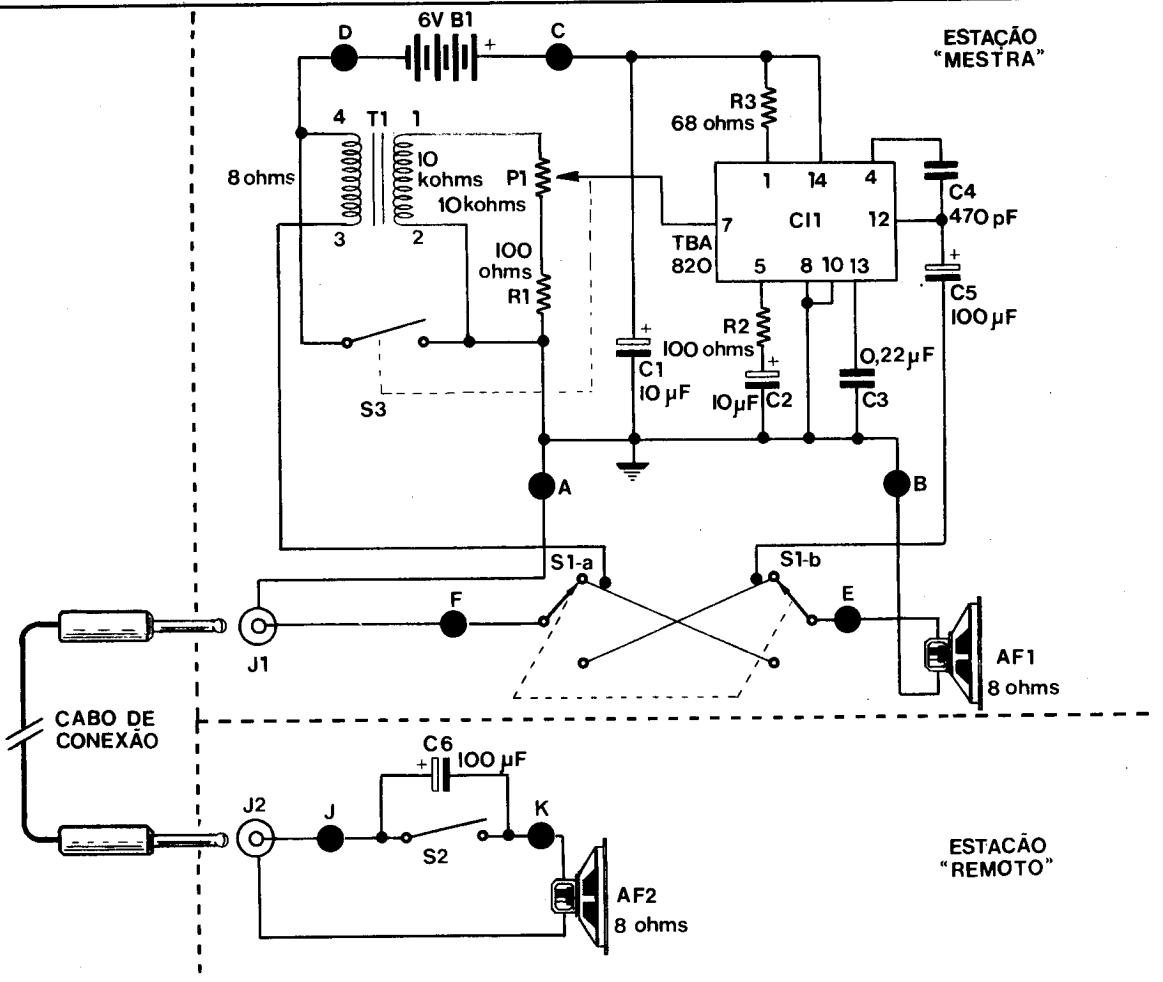


FIGURA 2

Esquema básico de um intercomunicador: através do transformador, os alto-falantes ora servem como microfones, ora como alto-falantes mesmo.



**FIGURA 3** Circuito completo do intercomunicador

Mas, por outro lado, é possível também usar um só amplificador, ligado a uma chave, que nos possibilite comutar os microfones e os alto-falantes, para falar ou escutar.

Simplificando ainda mais o sistema, podemos fazer com que o alto-falante trabalhe também como microfone; desse modo, ficamos com um amplificador e dois alto-falantes, apenas, formando o conjunto do intercomunicador. Entretanto, ao utilizarmos um alto-falante como microfone, a saída que ele nos fornece, ou seja, o sinal elétrico, é de nível muito baixo; assim, é preciso conectar um pequeno transformador elevador de tensão, entre o alto-falante que está atuando como microfone e o amplificador. Pode-se ver o esquema básico de um intercomunicador desse tipo na figura 2.

#### O nosso intercomunicador

O intercomunicador do kit opera com dois postos ou estações, isto é, possibilita a comunicação entre dois locais separados. Isto quer dizer que o sistema é formado por duas caixas, interligadas por um cabo, uma delas (chamada «mestra») contendo o circuito do amplificador, o alto-falante, a chave de comutação, o controle de volume, acoplado ao interruptor liga/desliga, e as pilhas; a outra caixa, à qual demos o nome de «remoto», é composta apenas de um alto-falante e da chave de comutação.

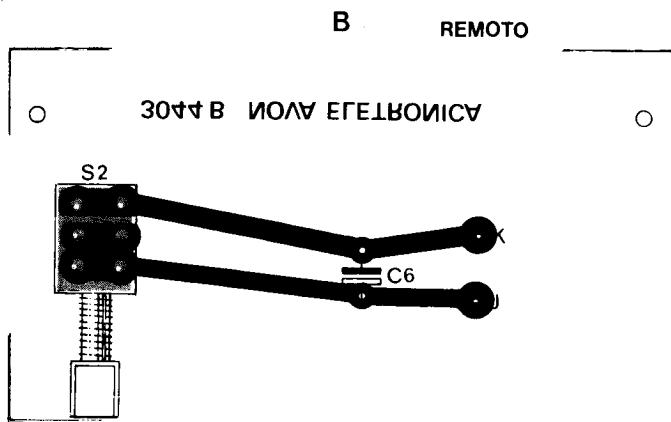
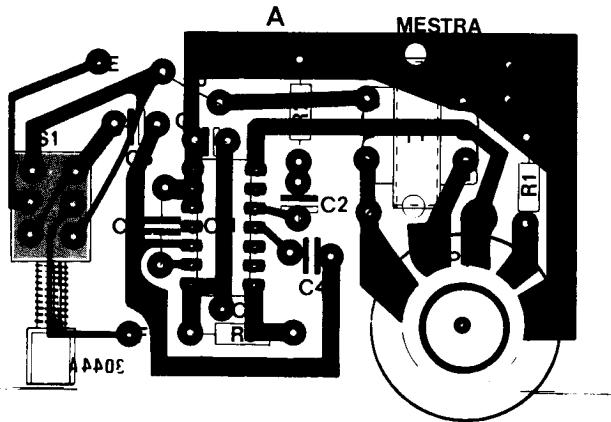
O controle de volume permite ajustar o intercomunicador ao nível de voz de cada um e à distância que se fala do aparelho. O interruptor liga/desliga foi incluído para economizar pilhas, enquanto o sistema não estiver sendo utilizado. As chaves de comutação permitem chamar,

falar e escutar, quando necessário.

O nosso conjunto, além de permitir a comunicação, possui também um sinal audível de chamada, para que o operador de uma estação faça saber ao da outra que pretende iniciar uma conversa. Esse sinal funciona somente enquanto o conjunto está desligado (pois, quando o intercomunicador está ligado, basta falar no alto-falante, para que a outra pessoa seja avisada). Assim, estando o intercomunicador desligado, basta pressionar a chave de comutação, em qualquer das duas estações, para que um tom contínuo de chamada seja ouvido em ambas as estações.

Vejamos agora como proceder para entabular uma conversa pelo intercomunicador:

Com o sistema ligado e operando pela estação «remoto»,



**FIGURA 4** Placas do intercomunicador, vistas pelo lado dos componentes

não é preciso tocar em nada; é só falar. O operador da estação «mestra», ouvindo a chamada, pressiona sua chave, responde, libera a chave e escuta o que o outro tem a dizer. E assim por diante.

O nosso intercomunicador funciona em perfeitas condições com os 30 m de cabo de conexão, fornecido juntamente com o kit. Contudo, se uma distância maior for necessária, o cabo pode ser estendido até 80 m, se o mesmo for substituído por outro, de bitola n.º 18 AWG.

Analisemos agora o circuito do intercomunicador:

O circuito completo aparece na figura 3; como se vê, o amplificador de áudio é um circuito integrado e nos fornece uma potência de saída de  $1/2$  W, se alimentado com 6 V.

A entrada do amplificador é o pino 7 e a saída, o pino 12. O ganho do conjunto é ajustado pelo resistor R2; o capacitor C4 serve para evitar oscilações de alta freqüência; os capacitores C2 e C5 impedem a passagem de corrente contínua e C3 é um capacitor de desacoplamento; o resistor R3 simplesmente polariza o amplificador.

O sinal de entrada desse circuito passa primeiramente pelo transformador T1, para depois atingir o potenciômetro P1, que controla o volume de saída. De

P1, o sinal é enviado ao amplificador, que eleva seu nível, antes de remetê-lo ao alto-falante.

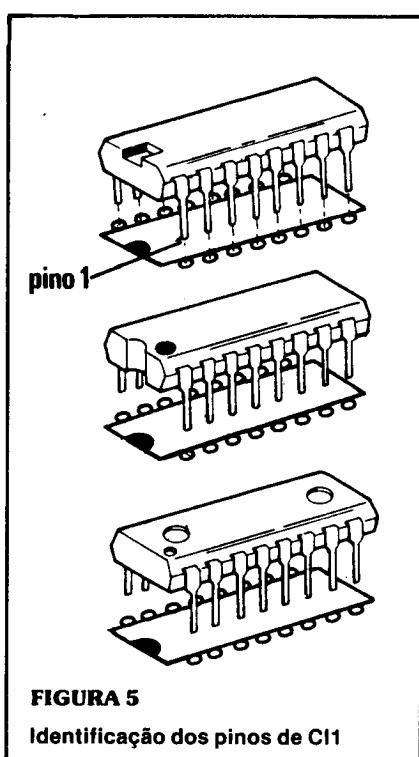
A chave S1 é a responsável pela comutação de AF1, ora como alto-falante, ora como microfone. Na posição indicada na figura 3 (que é a posição de repouso da chave), S1 faz com que AF1 seja utilizado como alto-falante; na outra posição (chave pressionada), S1 faz AF1 se comportar como um microfone; siga o circuito e comprove você mesmo. O alto-falante AF2, da estação «remoto», também segue as ordens da chave S1; assim, quando AF1 atua como alto-falante, AF2 faz as vezes de microfone e, quando, por outro lado, AF1 opera como microfone, AF2 é um alto-falante.

Resta-nos ver, agora, como funciona o sistema de chamada. O interruptor S3, como vimos, está acoplado ao potenciômetro P1; estando o intercomunicador desligado, o interruptor S3 estará aberto, impedindo a circulação de corrente da bateria para o amplificador.

Se agora a chave (S2) da estação «remoto» for pressionada, o capacitor C6, que impedia a passagem de corrente contínua, fica curto-circuitado e a rede de alimentação fecha-se através de: terminal (—) da bateria, transformador T1, ramo S1-a da chave S1, «jack» J1, cabo de conexão, «jack» J2, cabo de con-

xão, «jack» J1, amplificador. Nessas condições, origina-se uma malha de realimentação, da saída do amplificador à sua entrada, através do terra e do transformador T1, produzindo uma oscilação que se transforma no sinal de chamada, quando chega ao alto-falante.

Ocorre coisa semelhante, ao pressionarmos a chave fala/escuta da estação «mestra»: o circuito de realimentação é formado pelo terminal (—) da bateria, pelo transformador T1, pelo ramo S1-b da chave S1, pelo alto-



**FIGURA 5**  
Identificação dos pinos de C11



**FIGURA 6**  
Detalhe de soldagem do potenciômetro

falante AF1 e terra, gerando o sinal de chamada.

Por outro lado, quando o interruptor S3 está fechado, a alimentação se completa diretamente por ele mesmo, e não há possibilidade de realimentação.

#### Montagem do intercomunicador

A montagem desse aparelho é bastante simples. Foi planejada de tal modo, que todos os componentes, a não ser os alto-falantes e as pilhas, são montados sobre as duas placas de circuito impresso que formam o conjunto. Assim, mesmo as chaves de comutação e o interruptor liga/desliga, juntamente com o controle de volume, são montados sobre as placas, simplificando bastante a montagem.

Observe, na figura 4, as duas placas de circuito impresso do

intercomunicador, vistas pelo lado dos componentes. Você pode se guiar por esses dois desenhos, para saber a localização exata de cada componente nas placas, ou então, é só seguir as próprias placas do kit, que já vêm com o perfil dos componentes impresso sobre a face não cobreada.

Essas duas placas são montadas em duas caixas praticamente iguais; a única diferença entre elas consiste num rasgo na parte superior da caixa da estação «mestra», feito para permitir a passagem do «knob» do controle de volume. Como as duas placas têm exatamente o mesmo tamanho, deduz-se que a montagem no interior das caixas é efetuada da mesma maneira, em ambas.

Antes de iniciar a montagem, verifique se você dispõe do necessário para efetuá-la: um ferro de solda de 30 W, no máximo, com a ponteira limpa e estanhada; um alicate de corte; um alicate de bico e palhinha de aço ou lixa bem fina. A palhinha de aço ou lixa servirá para tirar a eventual camada de óxido dos terminais dos componentes, que iria prejudicar a soldagem dos mesmos; o alicate de bico permite uma dobragem mais perfeita dos terminais dos componentes; e o alicate de corte se presta a eliminar o excesso dos terminais, depois de soldados.

Comece com a placa da estação «mestra» (n.º 3044A):

Solde, em primeiro lugar, os resistores R1, R2 e R3. Em seguida, solde o «jump» J e depois, a chave S1 (as chaves S1 e S2 são iguais).

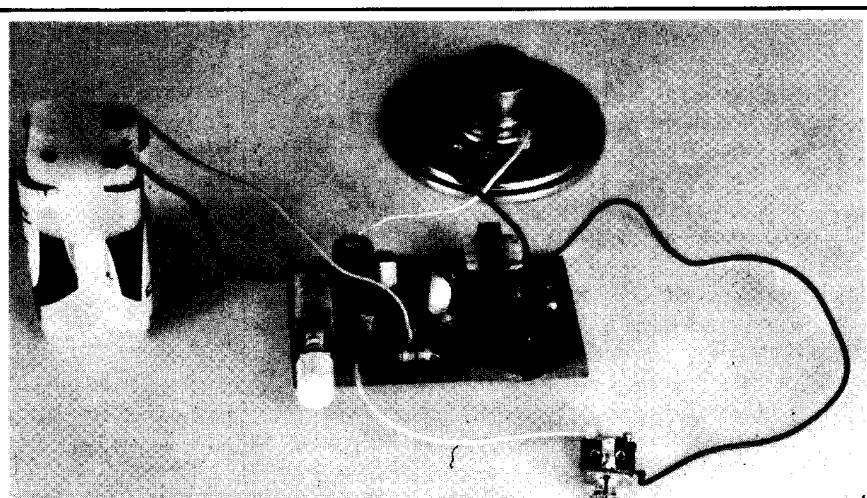
Com cuidado, agora, pois esta é uma fase delicada da montagem; apanhe o integrado C11 e instale-o em seu lugar na placa, observando a posição correta do mesmo, através da figura 5. A seguir, solde-o à placa, com uma certa cautela, pois ele é sensível ao calor.

Chegou a vez do transformador T1; observe que, em uma de suas bordas, existe um ponto colorido, que serve como indicação da posição correta de montagem desse componente. O transformador deve ser soldado à placa na posição indicada na figura 4, de modo que o ponto colorido fique próximo do «knob» do potenciômetro P1.

Pode soldar agora os capacitores C3 e C4, em qualquer posição, já que não têm polaridade. E logo após, solde os capacitores C1, C2 e C3, que são eletrolíticos e portanto, devem ter sua polaridade respeitada. Faça coincidir a indicação «+», impressa no corpo do capacitor, com a mesma indicação, impressa na placa.

Completando a montagem desta placa, falta o potenciômetro P1. Para fixá-lo na placa é preciso, primeiramente, retirar o «knob» do mesmo, que é o disco maior, preso ao corpo do potenciômetro por um pequeno parafuso. Feito isso, é só inserir o potenciômetro pelo lado cobreado da placa, até que seus terminais encostem nos filetes apropriados e, então, soldá-los, conforme se vê na figura 6. Depois, basta parafusar novamente o «knob» ao potenciômetro.

Terminadas essas operações com a placa «mestra», confira a posição dos componentes e as soldagens e deixe-a um pouco de lado; vamos passar, aprovei-



**FIGURA 7** Conexões da placa «mestra» com os componentes externos

tando o «embalo», à montagem da placa «remoto» (n.º 3044B), que é bem mais fácil e pode ser terminada em poucos minutos.

Nessa segunda placa, solde primeiramente o capacitor C6, respeitando sua polaridade, de acordo com o que já foi dito sobre os eletrolíticos. Em seguida, fixe e solde a chave S2, a exemplo do que foi feito com a chave S1, na placa «mestra».

A montagem dos componentes sobre a placa está completa; é preciso, neste ponto, conectar as duas placas aos componentes externos, ou seja, os alto-falantes, os «jacks» de conexão e o porta-pilhas.

Na figura 7, temos o diagrama de conexões da placa «mestra» (n.º 3044A). Solde os terminais do alto-falante aos pontos B e E da placa, com fios de 10 cm de comprimento, aproximadamente; ligue, também com fios de 10 cm, o «jack» à placa (terra do «jack» com o ponto A e o outro terminal, ao ponto F da placa). Solde, por fim, o porta-pilhas à placa, sendo o fio vermelho (+) no ponto C e o fio preto (-) no ponto D da placa.

Na figura 8, está representado o diagrama de conexões da placa «remoto» (n.º 3044B); ligue o terminal terra do «jack» ao alto-falante; solde o outro terminal do «jack» ao ponto J da placa «remoto»; solde então o outro terminal do alto-falante ao ponto K da placa. E completamos, assim, a montagem relativa às placas.

Vamos esquecer um pouco as placas e passemos a nos preocupar com as caixas onde elas irão ser instaladas. Pegue qualquer das duas caixas na mão e observe-a bem; veja que ela é formada por duas partes: a caixa propriamente dita e uma tampa. Essa tampa é, na realidade, a base da caixa, onde devem ser colocados os quatro pés de borracha; aproveite a ocasião e faça isso: ponha os pés de borracha nas bases das caixas.

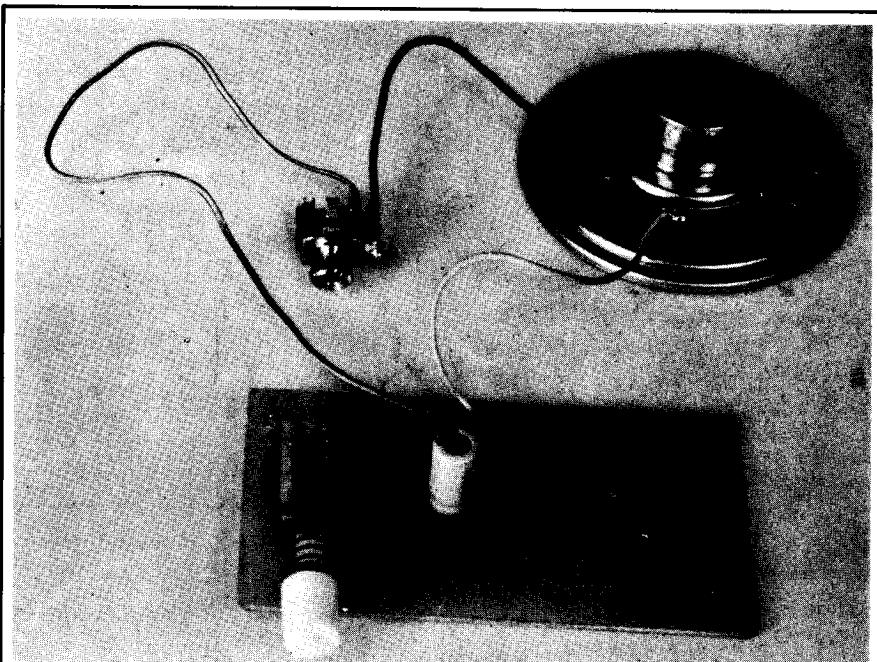


FIGURA 8 Conexões da placa «remoto» com os componentes externos

Observe agora o interior da caixa e veja que ambas possuem dois espaçadores metálicos, em um dos lados, apropriados para a fixação das placas, por meio de parafusos auto-atarraxantes. Veja ainda que as duas caixas estão providas de quatro linguetas, previstas para a fixação do alto-falante. E, ainda mais, verifique que a caixa da estação «mestra» (aquele que possui o rasgo para o «knob» do potenciômetro, ao lado do furo de passagem da chave de comutação) tem, no lado oposto ao dos espaçadores, duas grandes linguetas, feitas para servirem de suporte do porta-pilhas; na base desta caixa há uma outra lingueta, que serve ao mesmo propósito (para uma melhor orientação sobre esses detalhes, consulte a figura 9).

Tendo tomado uma maior intimidade com as caixas, podemos agora juntá-las com suas respectivas placas. **Para a caixa «remoto»:** fixe o alto-falante, colocando-o no lugar e dobrando para baixo as quatro linguetas; fixe a placa, a seguir, nos espaçadores, por meio de parafusos (veja que a chave coincide com o furo feito para ela); finalmente, fixe o «jack» em seu orifício apropriado.

**Para a caixa «mestra»:** antes de mais nada, um aviso: é imprescindível revestir completamente, com fita isolante, as três linguetas suportes do porta-pilhas (sendo duas na caixa e uma na base), para que elas não curto-circitem as pilhas e provoquem sua descarga total. Quanto à instalação do alto-falante e da placa, proceda exatamente como foi descrito para a caixa «remoto». Após ter revestido as linguetas com fita isolante, encaixe o porta-pilhas, já com as pilhas no lugar. Na figura 10, fornecemos uma visão das duas caixas, lado a lado, para que vo-

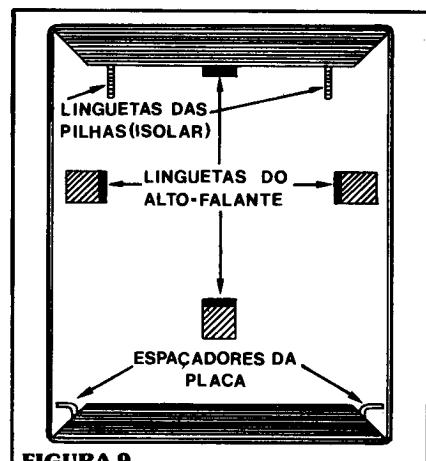
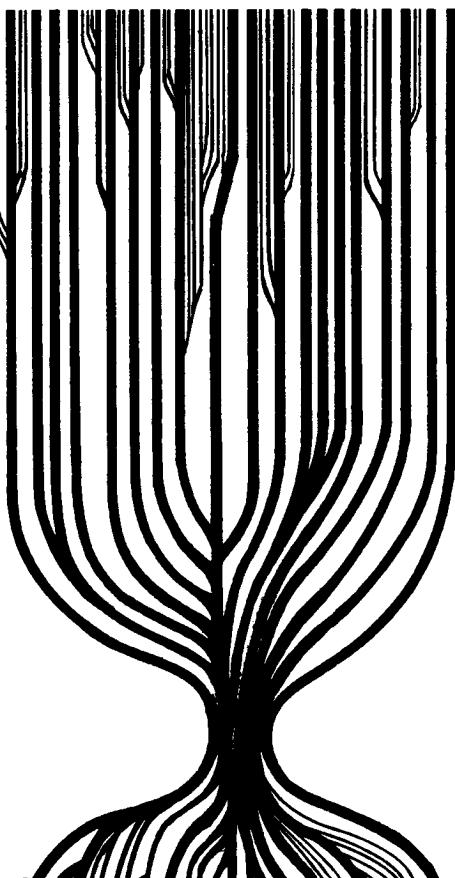
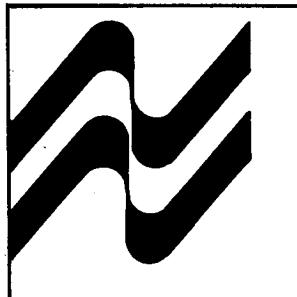


FIGURA 9 Reconhecimento das caixas do intercomunicador

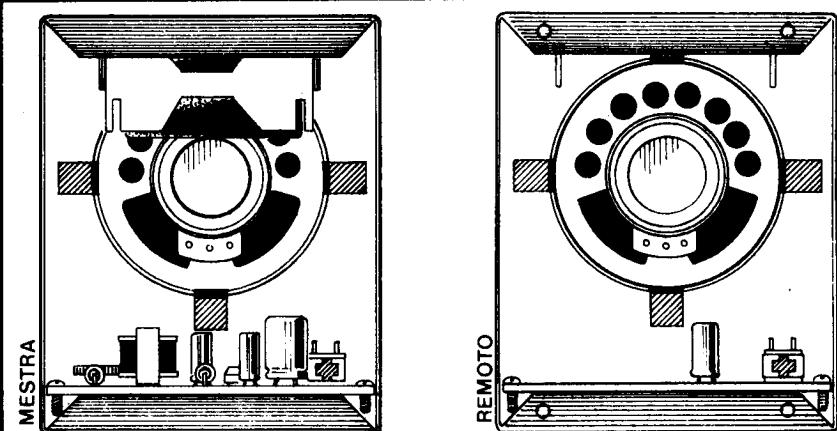
NATIONAL  
TEM PARTE  
NO DESEN-  
OLVIMENTO  
DESTE PLA-  
NETA



NATIONAL  
SEMICONDUCTOR



Av. Brig. Faria Lima, 844 - 5º - S/507  
Fone: 210.8393 - 210.2866  
São Paulo - SP



**FIGURA 10** As duas caixas montadas; visão interna

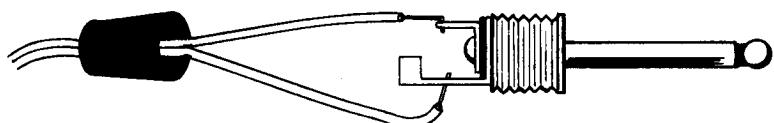
cê possa conferir esta fase da montagem.

Antes de completar a montagem, fechando as caixas, é preciso providenciar o cabo de conexão, que é composto por um condutor duplo e dois «plugs». Solde as duas extremidades do cabo aos «plugs», conforme a figura 11.

Encaixe então os «plugs» do cabo nos «jacks» das caixas e faça um teste com seu intercomu-

nidor, para certificar-se de que tudo está em ordem. Esse teste consiste em falar pelas duas estações, de acordo com as instruções dadas no início do artigo. Teste também o sinal de chamada, com o aparelho desligado.

Estando tudo em perfeita ordem, feche as caixas, parafusando as bases. O intercomunicador está pronto para economizar seu fôlego e seus passos.



**FIGURA 11** Detalhe de soldagem do cabo aos «plugs»

## RELAÇÃO DE COMPONENTES

R1, R2 — 100 ohms — 1/4 W	J1, J2 — «jacks»
R3 — 68 ohms — 1/4 W	2 «plugs»
P1 — Potenciômetro miniatura 10 kohms, c/ chave e «knob»	Placas Nova Eletrônica n.º 3044A/ 3044 B
C1, C2 — 10 $\mu$ F / 16 V	2 caixas «mestra» / «remoto»
C3 — 0,22 $\mu$ F	1 porta-pilhas e 4 pilhas pequenas, de 1,5 V
C4 — 470 pF	1 m de fio n.º 24 AWG
C5, C6 — 100 $\mu$ F / 16 V	18 m de fio n.º 24 AWG, duplo
C11 — TBA 820	1 m de solda trinúcleo
T1 — transformador 8 ohms / 10 kohms	8 pés de borracha
AF1, AF2 — alto-falantes 8 ohms	8 parafusos auto-atarraxantes de 3 x 5 mm
S1, S2 — chaves inversoras bi- polares, c/ «knob»	4 parafusos auto-atarraxantes de 2,2 x 8 mm.

# PRESCALER



Antes de nos aprofundarmos no estudo do nosso Prescaler, vamos dar uma rápida olhada nas características da lógica ECL.

A lógica ECL (Emitter Coupled Logic — Lógica de Acoplamento pelo Emissor) apareceu para satisfazer as necessidades de maior velocidade de comutação em circuitos digitais. O uso da lógica ECL em computadores, já é mais antigo, mas recentemente vem se estendendo a outras áreas da eletrônica, como instrumentação, comunicações, periféricos, etc.

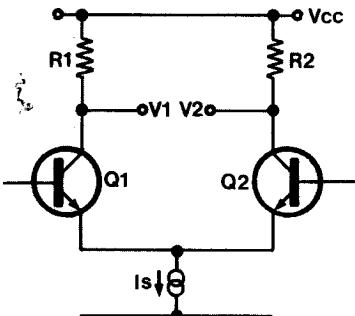
Sua principal característica é a rapidez do tempo de subida, e o baixo atraso de propagação, que permitem aos dispositivos

**A maioria dos freqüencímetros digitais comuns, é feita para medir freqüências até o limite de 30 a 60 MHz.**

**No entanto, eventualmente talvez precisemos medir uma freqüência que exceda esses valores. Como nem todos podem dispor de freqüencímetros ou osciloscópios que possibilitem uma leitura direta em valores elevados, a**

**NOVA ELETRÔNICA apresenta uma sugestão para ajudá-lo a resolver este problema. É o PRESCALER, que estamos lançando em «KIT», já aprovado em nosso laboratório, que evitárá que você recorra a meios mais complexos ou dispendiosos, apenas estendendo a escala de seu próprio freqüencímetro.**

**O PRESCALER aproveita as das vantagens da lógica ECL, de alta velocidade de comutação e constitui-se basicamente de um contador, que divide a freqüência do sinal por 10. É totalmente compatível com o freqüencímetro lançado anteriormente pela NOVA ELETRÔNICA nas revistas 4, 5 e 6, podendo também ser usado com outros freqüencímetros digitais.**



## **FIGURA 1**

de lógica ECL operar em frequências muito mais elevadas que os construídos com lógica TTL ou TTL Schottky.

Outras características são: baixa impedância de saída, grande capacidade de corrente, alta rejeição de modo comum e insensibilidade às variações da tensão de alimentação e da temperatura.

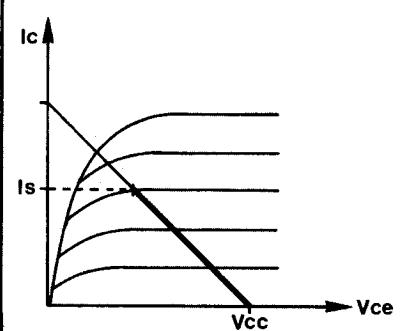
A maior limitação da velocidade nas outras «famílias» lógicas é devido à saturação. Ela parte fundamentalmente de um amplificador diferencial, conforme mostra a figura 1.

Como estamos trabalhando com circuitos digitais, temos dois níveis de tensão possíveis

na saída. Suponhamos que  $Q_1$  esteja no corte, então  $I_S$  vai circular por  $Q_2$ . A tensão de saída  $V_2$  será dada por  $V_2 = V_{cc} - I_S \cdot R_2$ . Se o valor de  $R_2$  for apropriadamente calculado, o transistor  $Q_2$  não vai chegar à saturação.

Se agora  $Q_2$  está cortado,  $I_S$  circula através de  $Q_1$  e com o valor apropriado de  $R_1$ , este também não atinge a saturação. Eliminamos assim um dos problemas que dificultam o tempo de comutação de outras famílias lógicas, pois os transistores nunca ficam saturados, visto que a corrente máxima que circula por eles é dada pela fonte de corrente  $I_S$ . A figura 2 ilustra-nos, mostrando o ponto de trabalho dos transistores.

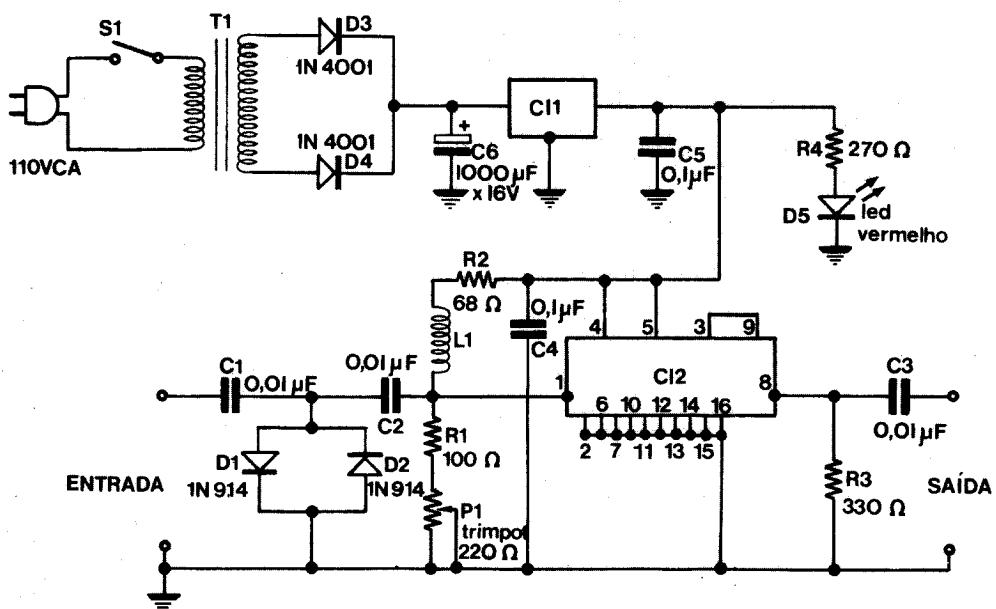
Se você deseja maiores informações sobre a lógica ECL e Prescaler, poderá obtê-las consultando seu exemplar da revista NOVA ELETRÔNICA número 2, nas páginas 129 a 134.



**FIGURA 2**

O circuito pode ser observado na figura 3. O sinal de entrada é injetado em  $C_1$  e passa inicialmente por um limitador de tensão, formado pelos diodos  $D_1$  e  $D_2$ ; de maneira que o sinal não exceda os limites de  $-0,6$  e  $+0,6$  volts. Assim protege-se o Prescaler e o próprio freqüencímetro do perigo de se injetar um sinal em níveis de tensão excessivos.

$C_2$  acopla o sinal à entrada do divisor por 10, pino 1 de  $Cl_2$ .  $R_1$ ,  $R_2$  e  $P_1$ , servem para polarizar a entrada a um nível contínuo, intermediário aos dois níveis lógicos do ECL, aumentando a sensibilidade de entrada.  $L_1$  tem a função de evitar que o



**FIGURA 3**

do procedimento que descreveremos adiante.

### Seqüência de Montagem

A primeira parte da montagem deverá ser a soldagem dos componentes na placa de circuito impresso, mostrada em suas duas faces nas figuras 4A e 4B. Comece soldando os resistores R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> e R<sub>4</sub>, segundo as indicações da placa, colocando os componentes do lado da face A (figura 4A). Em seguida solde os diodos D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> e D<sub>4</sub>, obedecendo à polaridade indicada na placa, a qual você poderá confirmar observando a figura 5.

Como foi explicado na teoria de funcionamento do circuito, o indutor L<sub>1</sub> é feito diretamente sobre a placa do circuito impresso. Você precisa apenas completá-lo, pois ele aproveita as duas faces da placa. Aproveitando pedaços das «pernas» dos resistores que você já soldou, introduza-os nos pontos indicados (J), e solde-os, unindo assim os segmentos do indutor, nas duas faces. O mesmo procedimento deverá ser feito com relação a outros furos marcados no circuito impresso (I), feitos especialmente para permitir a ligação das duas faces deste.

Continue seguindo as indicações da placa e solde os capacitores C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> e o soquete do integrado Cl<sub>2</sub>. Pode também soldar o capacitor C<sub>6</sub>, mas observe sua polaridade. Parafuse o transformador, com o lado dos fios 9, 0 e 9 voltados para o interior da placa e solde-os nos locais indicados.

Solde os terminais do trimpot P<sub>1</sub> e também o regulador de tensão Cl<sub>1</sub>. Observe que este circuito integrado necessita de um dissipador, que será a própria parte posterior da caixa do Prescaler. Portanto, ao soldá-lo, cuide para que coincidam os furos, do componente e da caixa, na qual você deverá parafusá-lo mais tarde, conforme orientação da figura 6.

Montados os componentes na placa, passe à segunda parte, inicialmente colocando os conectores coaxiais, a chave e

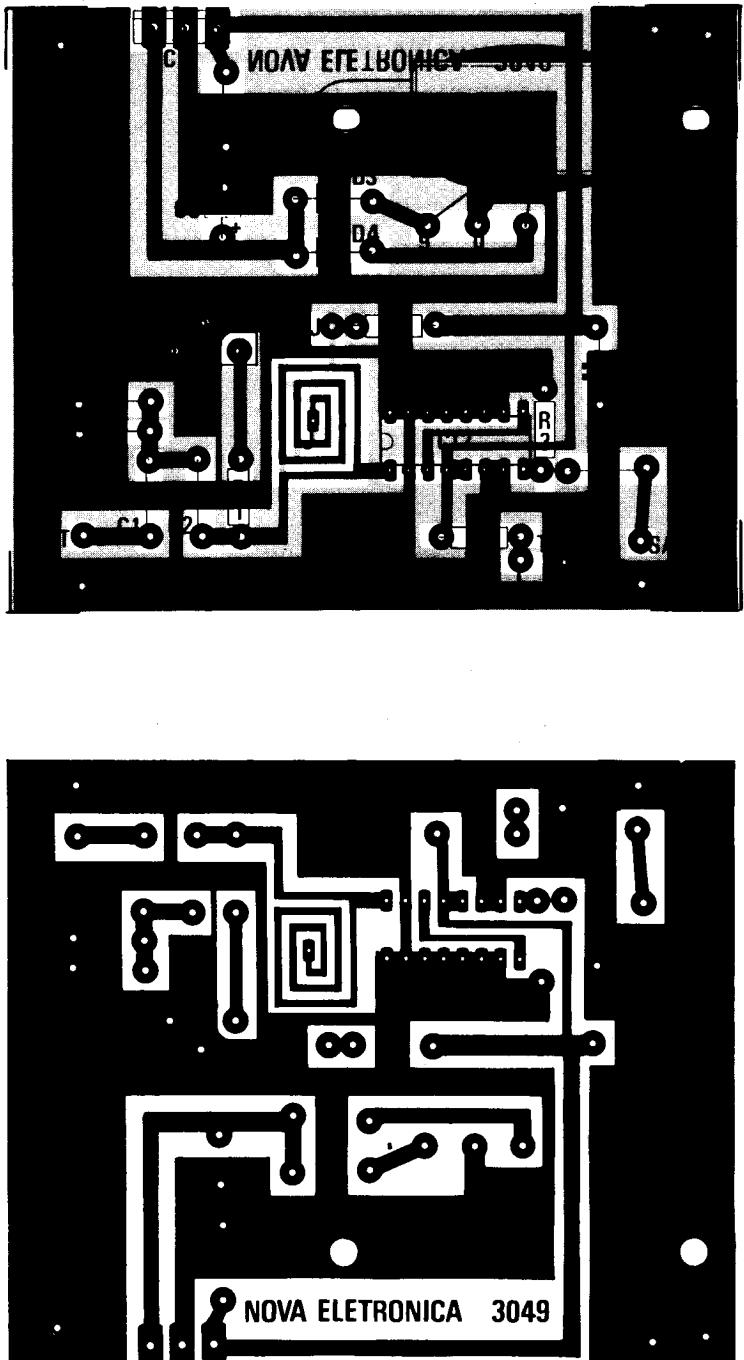


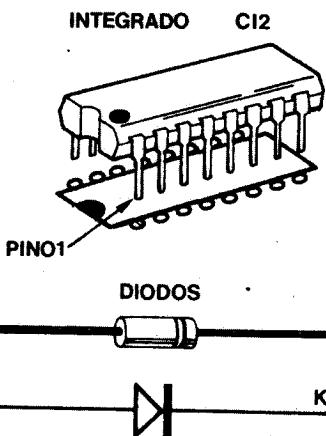
FIGURA 4

ruido de RF causado pela fonte, possa chegar à entrada. Esta indutância é feita na própria placa de circuito impresso.

A saída do divisor é tirada em C<sub>3</sub>, com R<sub>3</sub> servindo de carga para o circuito integrado. Ainda temos o circuito de alimentação, que fornece 5,0 VCC constituído por T1, C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>, D<sub>3</sub> e Cl<sub>1</sub>, que é

um regulador de tensão integrado. Por fim, R<sub>4</sub> e D<sub>5</sub>, este último, um LED para indicar que o aparelho está ligado.

A frequência máxima de trabalho do Prescaler é de 250 MHz, e sua sensibilidade, 600 mV a esta freqüência. A sensibilidade poderá ser ajustada através do potenciômetro P<sub>1</sub>, segun-

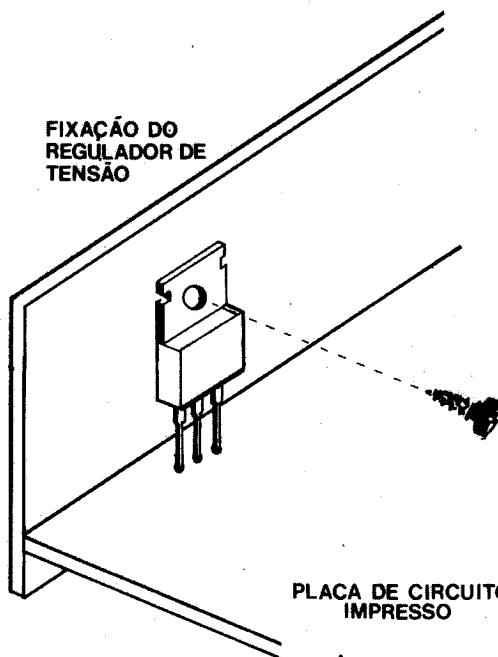


**FIGURA 5**

uma borracha passante na placa frontal da caixa. Coloque também uma borracha passante na parte posterior da caixa e passe através dela o cabo de força. Ligue um dos fios do cabo de força, ao primário do transformador, e o outro à chave. A um outro terminal da chave, ligue um fio e este ao transformador. Os fios de ligação com a chave, devem ser passados, de preferência, por baixo da placa impressa. O esquema de ligação está na figura 7. A maneira como você ligar o transformador, determinará se o Prescaler será ligado a 110 ou 220V.

Ligue o LED com dois fios à

FIXAÇÃO DO REGULADOR DE TENSÃO



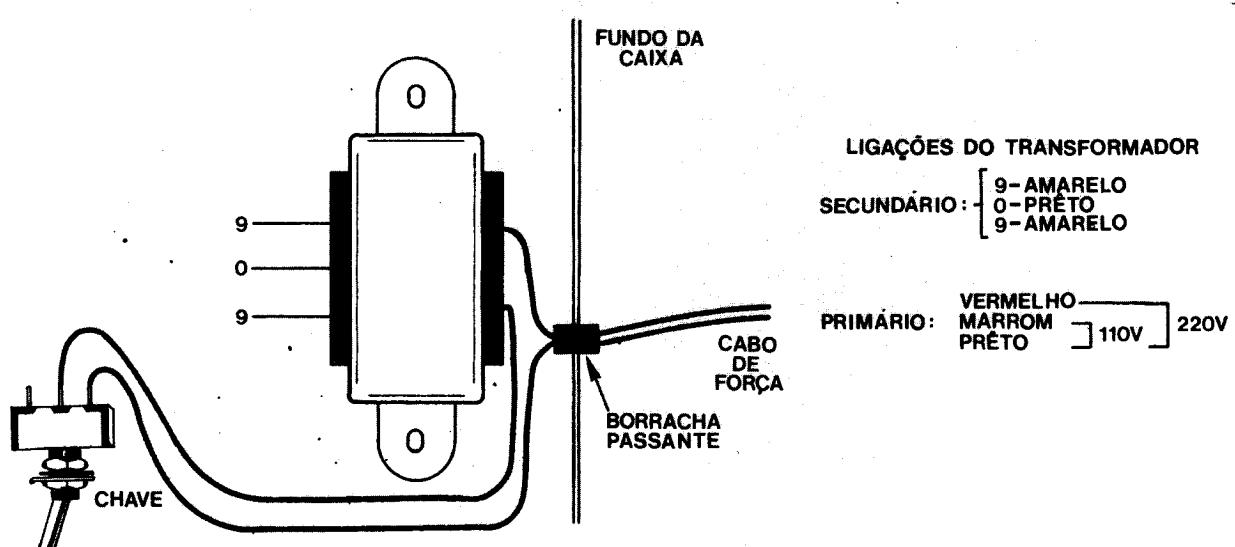
**FIGURA 6**

placa, nas marcas L e Terra (terminal do lado chanfrado do LED) e coloque-o dentro da borracha passante na parte frontal da caixa. Ligue os conectores coaxiais com a entrada (ENT) e saída da placa, usando os cabos coaxiais, não esquecendo de ligar a blindagem do cabo à terra. Para estas ligações observe a figura 8. Nas ligações dos conectores e da chave, procure dar o aperto

através das porcas internas, evitando que a pintura da parte frontal seja arranhada, o que ocorrerá se você fixar as peças apertando as porcas externas.

Coloque CI<sub>2</sub> no soquete, com o pino 1 voltado para o lado do indutor. Se você tem dúvida a respeito da localização do pino 1 do integrado, observe o desenho da figura 5.

Feitas todas as ligações, co-



**FIGURA 7**

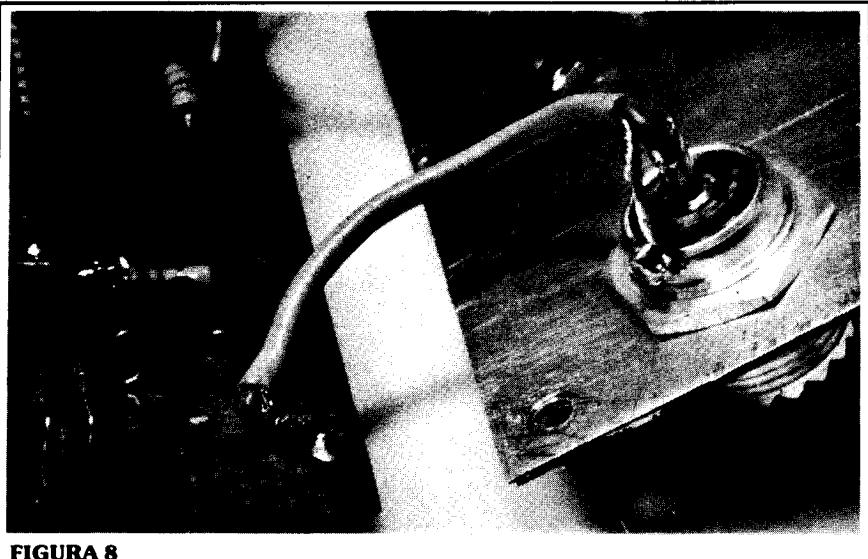


FIGURA 8

mece a montagem da caixa modular, inicialmente apenas com as partes inferiores e laterais.

Coloque a placa de circuito impresso no interior da caixa modular, utilizando-se da primeira canaleta de baixo para cima. Observe bem que seja na primeira canaleta, para que o transformador não impeça a colocação da parte superior da caixa posteriormente. Por baixo da placa, coloque a placa de fenolite, que servirá para isolação do impresso. Em seguida fixe a parte

posterior da caixa, parafusando antes o integrado  $Cl_1$  no seu local correspondente, de acordo com o que já deve ter sido observado na figura 6. Verifique se sua montagem está correta, observando a figura 9.

Antes da última etapa da montagem, ligue o Prescaler a fim de testar o seu funcionamento e fazer o ajuste da sensibilidade através do potenciômetro  $P_1$ . Para isso, injete um sinal de alta freqüência no Prescaler, usando um gerador de RF, trans-

missor, etc, e conecte sua saída a um freqüencímetro. Leia o valor da freqüência no mostrador do freqüencímetro, e vá diminuindo o nível do sinal do gerador de RF, até que o freqüencímetro não registre mais a leitura do sinal. Procure então, obter a leitura no freqüencímetro, variando o potenciômetro  $P_1$  do Prescaler. Continue diminuindo o nível do sinal e ajustando  $P_1$  dessa maneira, até o mínimo valor de tensão do sinal que poderá ser medido pelo freqüencímetro com o ajuste de  $P_1$ . Você terá então o seu Prescaler ajustado para sua máxima sensibilidade.

Fixe os quatro parafusos da parte posterior da caixa e monte a tampa superior com as duas partes que sobraram. Por fim, fixe a parte frontal do Prescaler, utilizando-se dos quatro parafusos restantes. E está concluído o seu Prescaler; conecte-o ao freqüencímetro e tire dele o máximo proveito!

#### RELAÇÃO DE MATERIAIS

- R<sub>1</sub> — 100  $\Omega$  1/4 W
- R<sub>2</sub> — 68  $\Omega$  1/4 W
- R<sub>3</sub> — 330  $\Omega$  1/4 W
- R<sub>4</sub> — 270  $\Omega$  1/4 W
- P<sub>1</sub> — Trimpot 220  $\Omega$
- D<sub>1</sub> — 1N914
- D<sub>2</sub> — 1N914
- D<sub>3</sub> — 1N4001
- D<sub>4</sub> — 1N4001
- D<sub>5</sub> — LED vermelho
- C<sub>1</sub> — 0,01  $\mu$ F
- C<sub>2</sub> — 0,01  $\mu$ F
- C<sub>3</sub> — 0,01  $\mu$ F
- C<sub>4</sub> — 0,1  $\mu$ F
- C<sub>5</sub> — 0,1  $\mu$ F
- C<sub>6</sub> — 1000  $\mu$ F x 16 V
- 1 metro de solda
- 1 caixa modular
- 1 cabo de força
- 1 soquete 16 pinos
- T<sub>1</sub> — Transformador 9-0-9 V, 150 mA, 110/220 V
- 1 placa NE n.º 3049
- 2 conectores coaxiais
- 1 chave liga/desliga
- 2 borrachas passantes
- 1 metro de fio AWG n.º 22
- 3 parafusos 3 x 5mm (cabeça chata)
- 3 porcas 3mm
- 1 placa isolante de fenolite

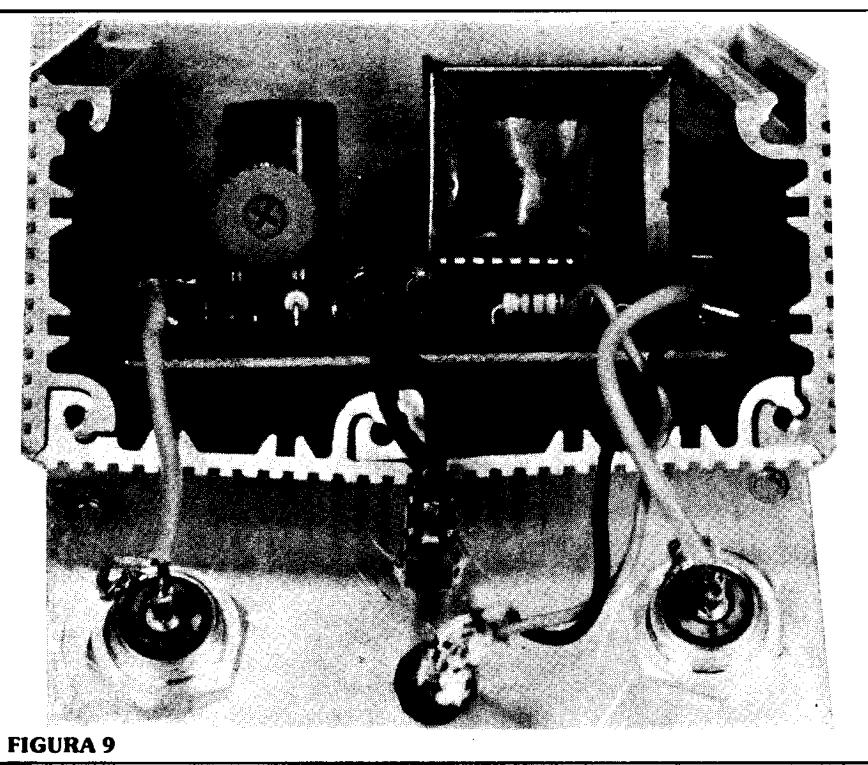
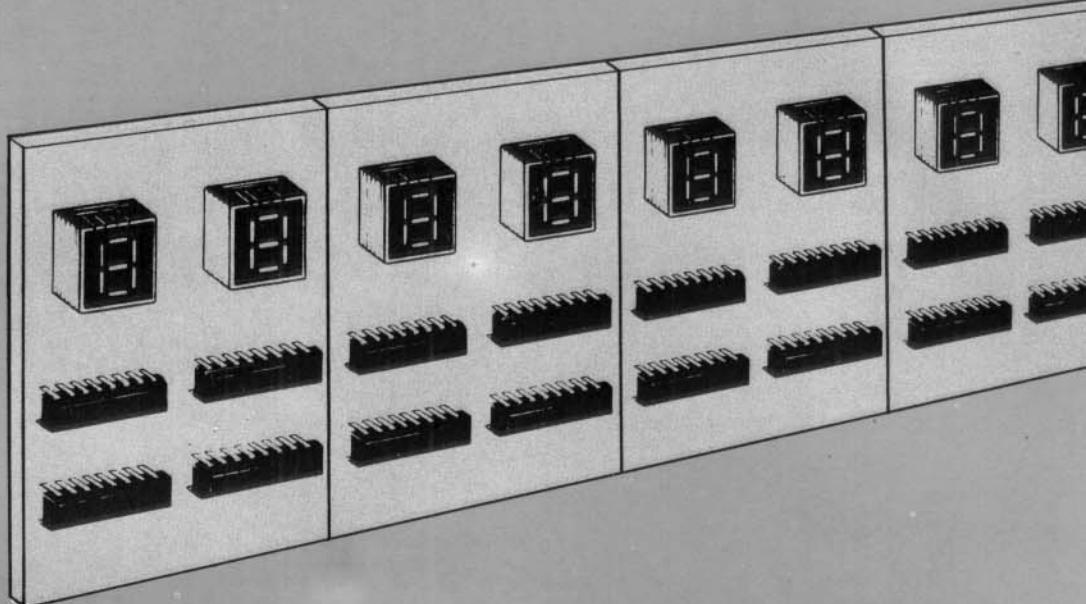


FIGURA 9

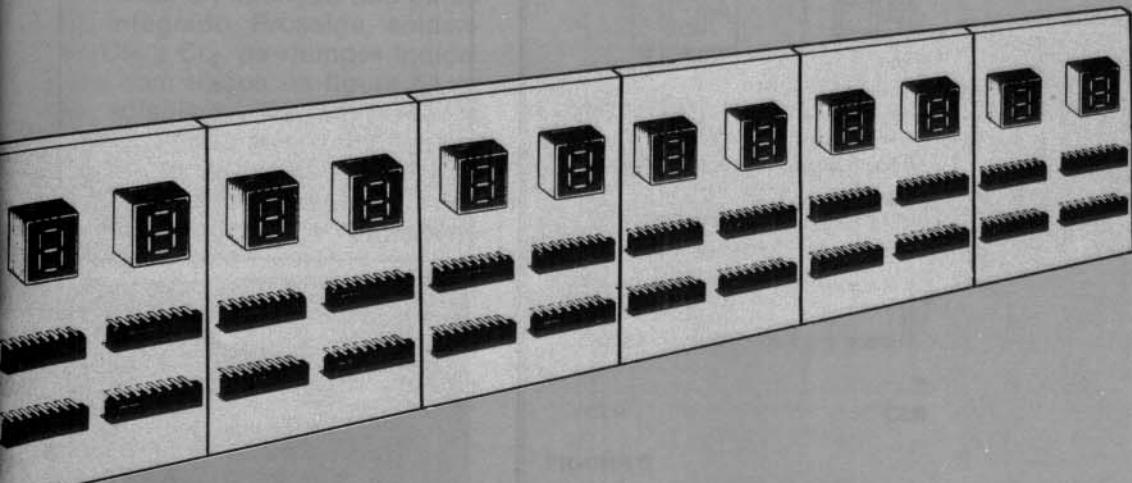
# Novos Contadores Ampliáveis e Bidirecionais (UP-DOWN)



Vocês se lembram do contador que lançamos na revista n.º 3? Para os que não se lembram ou não leram este número da revista, recordamos que era um módulo simples de um dígito, unidirecional — UP, formado por um contador (7490), um decodificador (9370) e um «display» (FND507). Podia ser ampliado para 2, 3 ou mais dígitos, através de instruções que foram dadas naquele

artigo. Recebemos pedidos de leitores, interessados em dispor de contadores que realizassem uma contagem bidirecional ou «UP-DOWN». Para atendê-los e a todos os demais interessados, estamos lançando agora um contador do tipo «UP-DOWN» e um novo contador unidirecional de montagem simplificada, ambos ampliáveis e em módulos de dois dígitos.

# Unidirecionais (UP)



O contador unidirecional «UP», como seu antecessor da revista 3, utiliza-se do 7490 para a contagem do sinal de dados, mas para a decodificação,

emprega um 9368 «Decoder-Driver» para sete segmentos e um «display» FND560, dispensando os resistores limitadores de corrente que eram necessários no

modelo anterior. Está sendo apresentado em módulos de dois dígitos, numa montagem mais simples, que facilitará a sua ampliação para maior número.

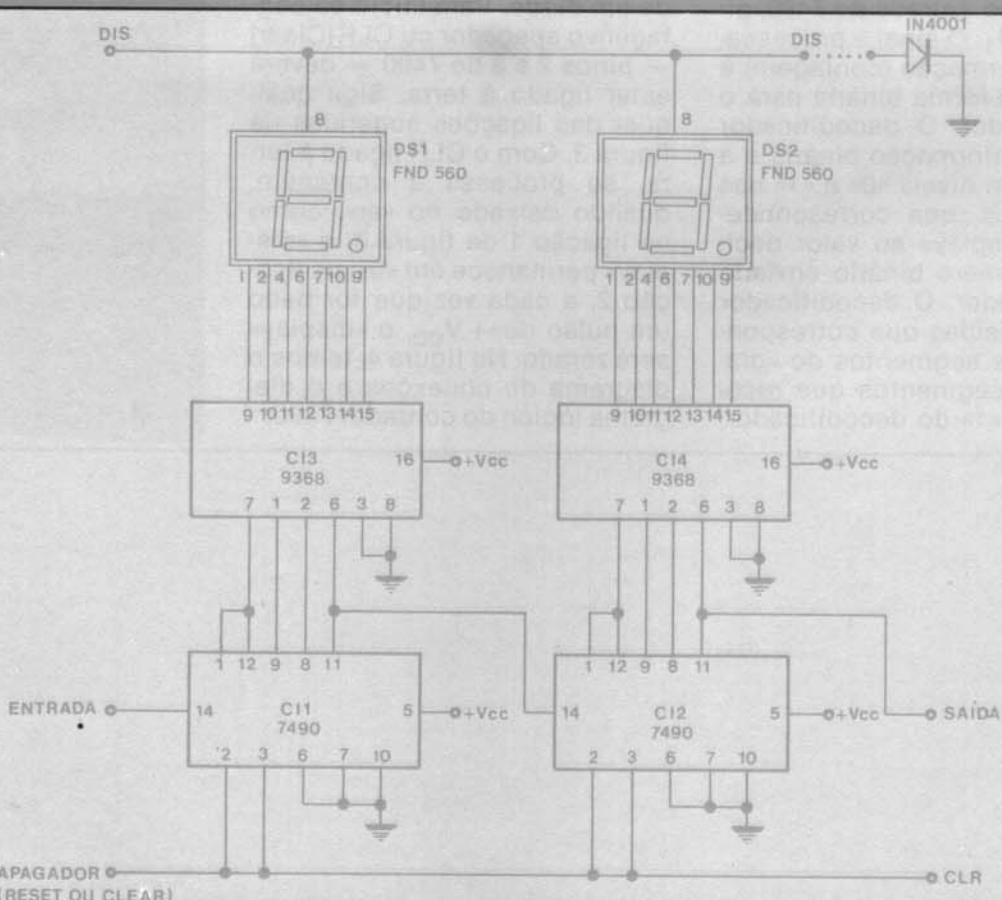
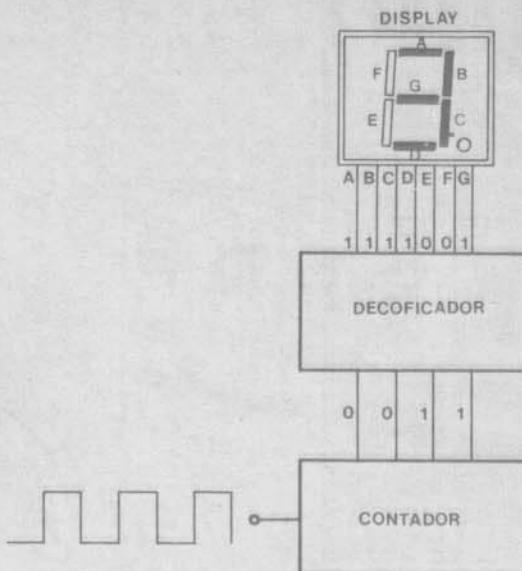


FIGURA 1



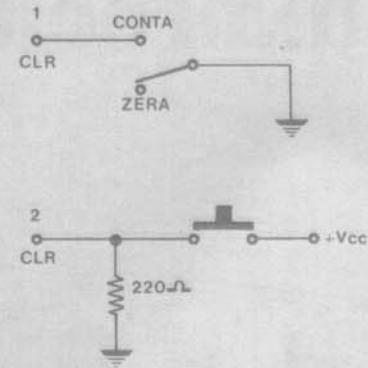
**FIGURA 2**

ro de dígitos, com o acréscimo de outros módulos. Pela figura 1, podemos ver o esquema de ligação desse contador.

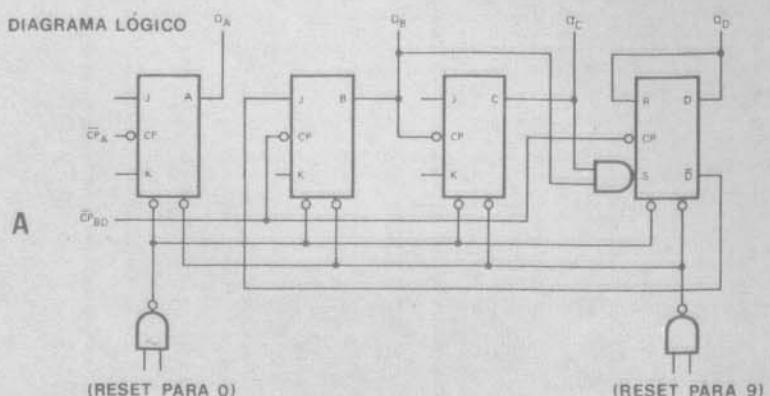
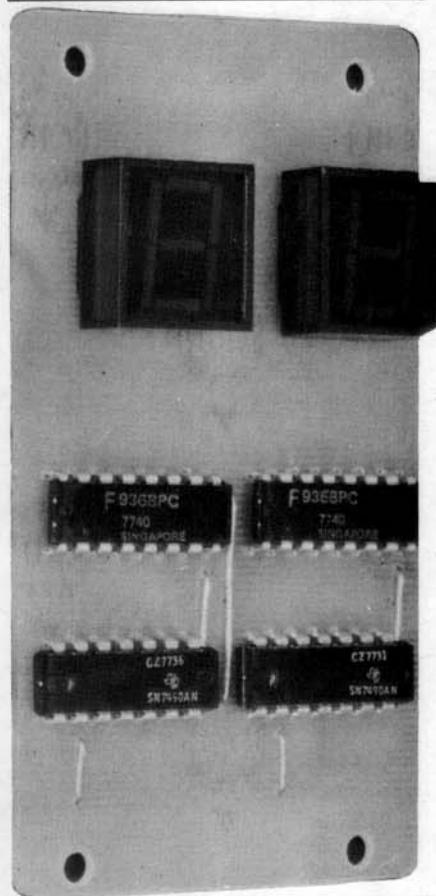
O funcionamento do contador é bastante simples. Os pulsos do sinal de dados devem ser injetados na entrada do 7490, pino 14 de  $C_1$ . O sinal é processado e a informação (contagem) é enviada na forma binária para o decodificador. O decodificador recebe a informação binária e a distribui em níveis «0» e «1» nas suas saídas, que corresponderão no «display» ao valor decimal do número binário enviado pelo contador. O decodificador tem sete saídas que correspondem a sete segmentos do «display». Os segmentos que recebem nível «1» do decodificador,

acendem. Este é o chamado de codificador BCD/7 segmentos. Na figura 2 você tem um exemplo de «contagem».

Para o funcionamento do «display», o pino 8 deste (DIS), deverá ser ligado à terra através de um diodo. Para início da contagem o apagador ou CLR(Clear) — pinos 2 e 3 do 7490 — deverá estar ligado à terra. Siga qualquer das ligações sugeridas na figura 3. Com o CLR ligado à terra, se processa a contagem; quando deixado no «ar», como na ligação 1 da figura 3, o «display» permanece em «0»; na ligação 2, a cada vez que for dado um pulso de  $+V_{CC}$ , o «display» será zerado. Na figura 4, temos o diagrama de conexões e o diagrama lógico do contador 7490.



**FIGURA 3**

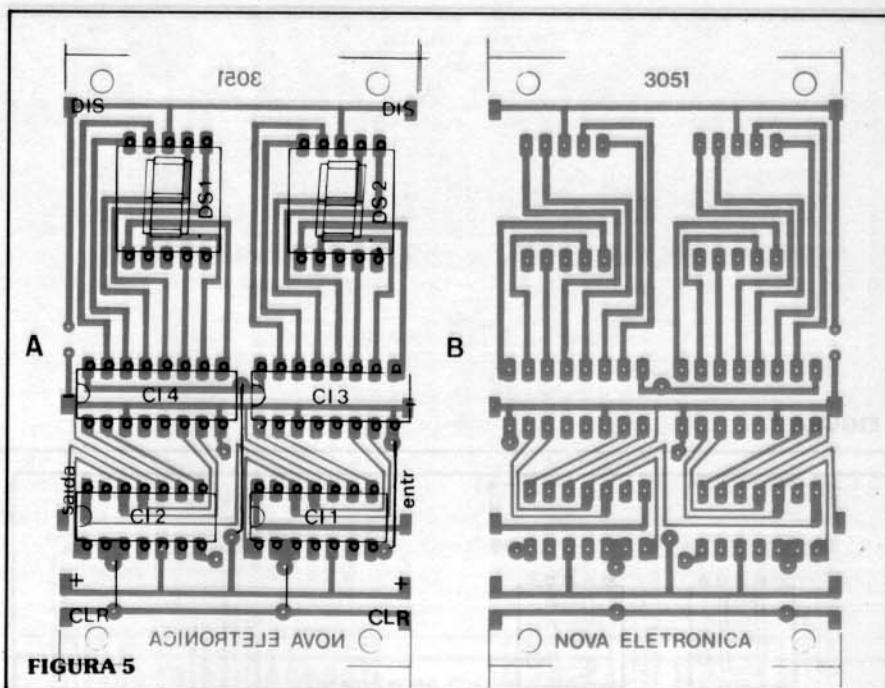


**FIGURA 4**

## Montagem do Contador «UP».

Para a montagem do contador unidirecional, observe os desenhos da placa de circuito impresso das figuras 5A e 5B. Comece por soldar C1<sub>1</sub> e C1<sub>2</sub>, observando a marcação dos pinos do integrado. Prossiga, soldando C1<sub>3</sub> e C1<sub>4</sub>, os «jumps» indicados com traços na figura 5A, e os «displays» DS<sub>1</sub> e DS<sub>2</sub>. Os «jumps» poderão ser simples pedaços de terminais ou de fios condutores desencapados.

As ligações de +V<sub>CC</sub> e terra, estão respectivamente indicadas como «+» e «—» na placa, e deverão ser feitas soldando-se fios nas marcações correspondentes, na face cobreada (5B). Da mesma forma, deve-se proceder com a ligação do apagador, indicada como CLR (Clear), a entrada e a saída. Não se esqueça de fazer a ligação do «display», puxando um fio no local indicado como DIS na placa, e este a um diodo que por sua vez deve



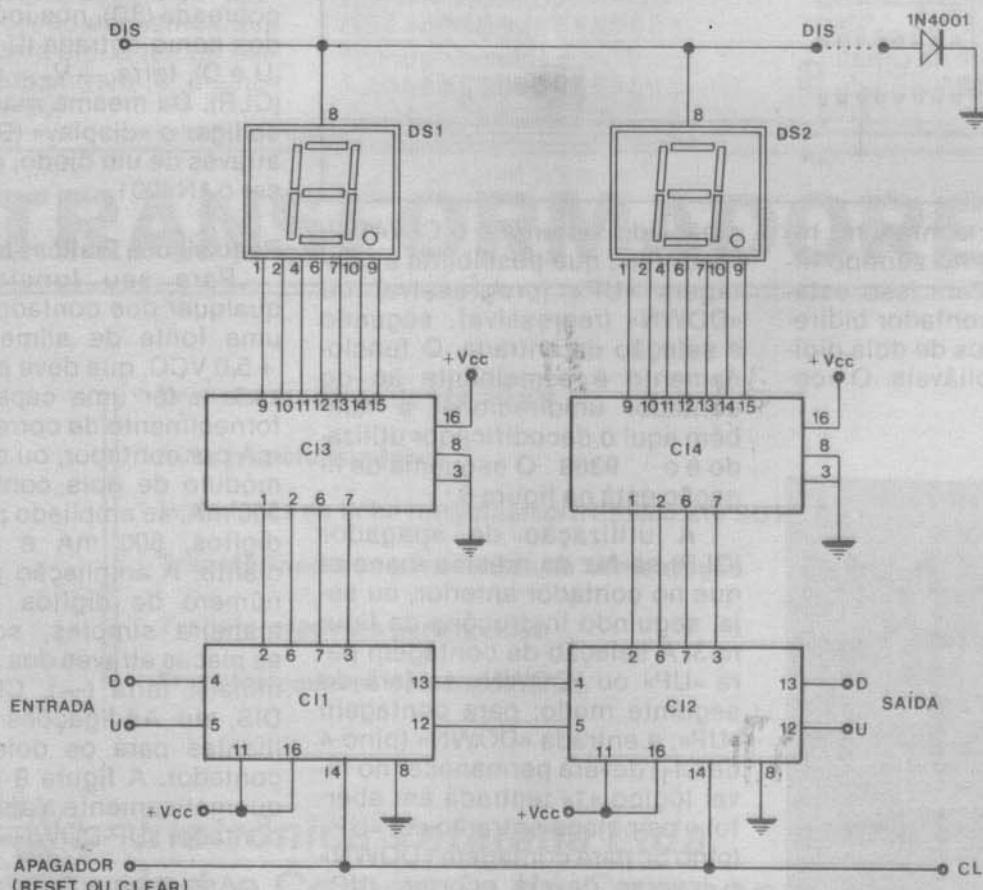
**FIGURA 5**

estar à terra, com a polaridade mostrada na figura 1.

## Contador «UP-DOWN»

O contador que acabamos de

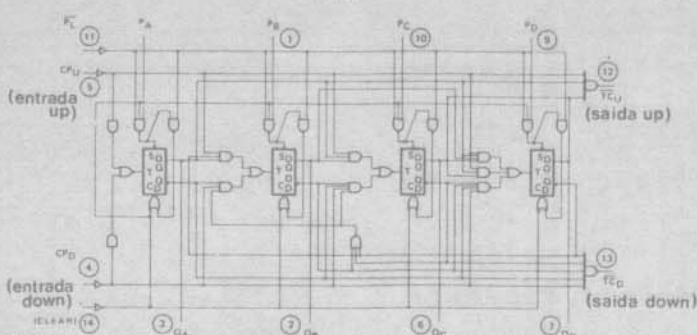
ver permite que se faça uma contagem progressiva, ou seja, 0, 1, 2.... No entanto, para determinadas aplicações, pode ser



**FIGURA 6**

DIAGRAMA LÓGICO

74192

DIAGRAMA DE CONEXÕES  
(VISTA SUPERIOR)

1	P <sub>B</sub>	V <sub>CC</sub>	16
2	Q <sub>B</sub>	P <sub>A</sub>	15
3	Q <sub>A</sub>	M <sub>R</sub>	14
4	C <sub>P</sub>	T <sub>CD</sub>	13
5	C <sub>PU</sub>	T <sub>CU</sub>	12
6	Q <sub>C</sub>	P <sub>L</sub>	11
7	Q <sub>D</sub>	P <sub>C</sub>	10
8	GND	P <sub>D</sub>	9

FIGURA 7

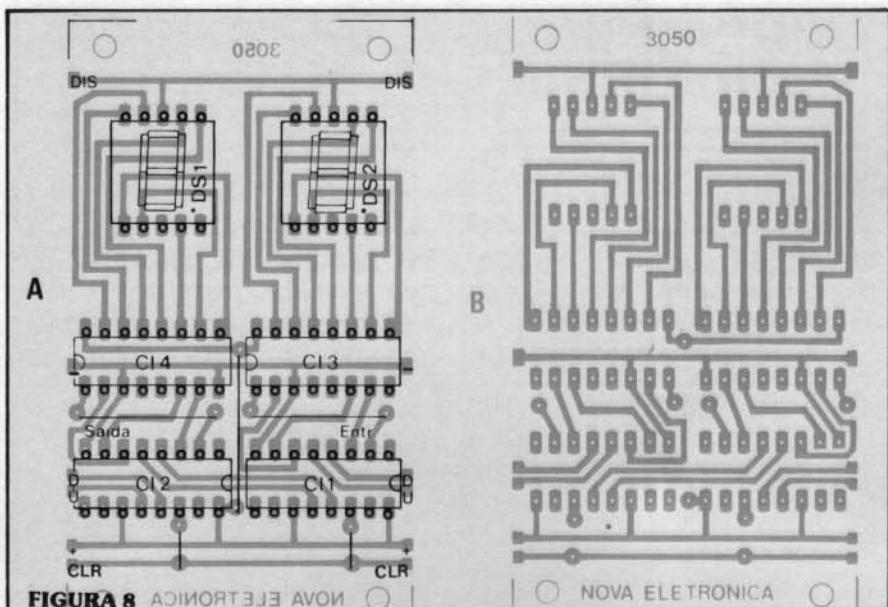
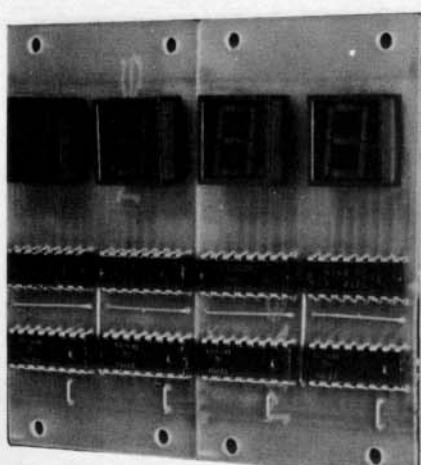


FIGURA 8

necessária uma contagem regressiva, ou seja, no sentido inverso: 9, 8, 7.... Para isso estamos lançando o contador bidirecional, em módulos de dois dígitos, também ampliáveis. O «co-

ração» do sistema é o CI 74192, «counter», que possibilita a contagem «UP» (progressiva) ou «DOWN» (regressiva), segundo a seleção da entrada. O funcionamento é semelhante ao do contador unidirecional e também aqui o decodificador utilizado é o 9368. O esquema de ligação está na figura 6.

A utilização do apagador (CLR) se faz da mesma maneira que no contador anterior, ou seja, seguindo instruções da figura 3. A seleção de contagem para «UP» ou «DOWN» se fará do seguinte modo: para contagem «UP», a entrada «DOWN» (pino 4 de CI<sub>1</sub>) deverá permanecer no nível lógico «1» (entrada em aberto) e os pulsos entrarão em «UP» (pino 5); para contagem «DOWN» o inverso deverá ocorrer, «UP» ao nível lógico «1» e pulsos injetados na entrada «DOWN».

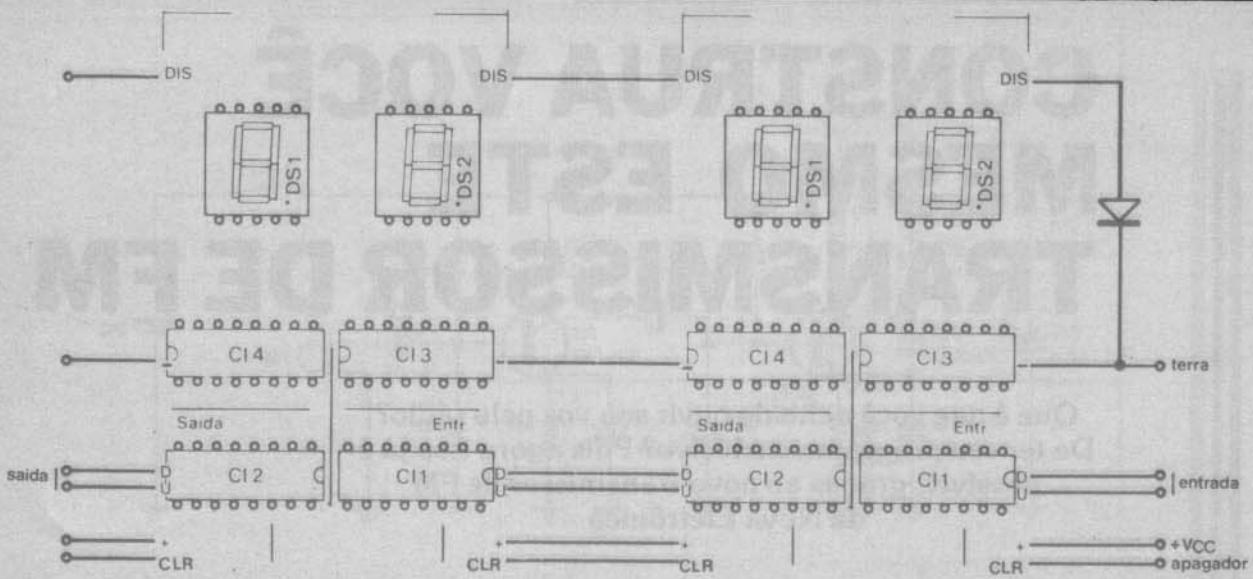


O diagrama de conexões e o diagrama lógico do contador 74192 podem ser vistos na figura 7. A montagem também deverá se dar de modo semelhante ao unidirecional. Solde os integrados CI<sub>1</sub>, CI<sub>2</sub>, CI<sub>3</sub>, CI<sub>4</sub>, os «displays» DS<sub>1</sub>, DS<sub>2</sub>, e os «jumps», seguindo as indicações das figuras 8A (face dos componentes) e 8B (face cobreada). As ligações externas necessárias, também deverão se fazer igualmente, soldando-se fios na face cobreada (8B), nos locais indicados como entrada (U e D), saída (U e D), terra, + V<sub>CC</sub>, e apagador (CLR). Da mesma maneira deve-se ligar o «display» (DIS) à terra, através de um diodo, que poderá ser o 1N4001.

### Requisições Práticas e Ampliação

Para seu funcionamento, qualquer dos contadores requer uma fonte de alimentação de + 5,0 VCC, que deve ser estabilizada e ter uma capacidade de fornecimento de corrente de 150 mA por contador, ou seja, para o módulo de dois contadores — 300 mA; se ampliado para quatro dígitos, 600 mA e assim por diante. A ampliação para maior número de dígitos se faz de maneira simples, soldando-se as placas através dos pontos terminais: terra (—), Clear (CLR), DIS, etc. As ligações são semelhantes para os dois tipos de contador. A figura 9 mostra esquematicamente a ampliação do contador «UP-DOWN».

Assim ampliado, o contador poderá chegar até o n.º 9999 e se necessário for, para 999999 ou



**FIGURA 9**

mais, apenas acrescentando-se módulos aos já existentes. Você poderá encontrar diversas aplicações para o contador, como mostrador de um relógio digital, de um multímetro digital, ou outras mais. As diversas maneiras de utilizá-lo, dependem apenas da aplicação específica que você tiver para ele, e temos certeza que encontrará a melhor forma para isso.

#### Relação de Componentes

##### Contador «UP»

CI<sub>1</sub> — 7490  
CI<sub>2</sub> — 7490  
CI<sub>3</sub> — 9368  
CI<sub>4</sub> — 9368  
DS<sub>1</sub> — FND560  
DS<sub>2</sub> — FND560  
1 metro de solda  
1 placa NE 3051

##### Contador «UP-DOWN»

CI<sub>1</sub> — 74192  
CI<sub>2</sub> — 74192  
CI<sub>3</sub> — 9368  
CI<sub>4</sub> — 9368  
DS<sub>1</sub> — FND560  
DS<sub>2</sub> — FND560  
1 metro de solda  
1 placa NE 3050

# TRANSFORMADORES

- \* Transformadores de até 20 kV
- \* Auto transformadores
- \* Isoladores de linha monofásico/trifásico até 30 kVA
- \* Transformadores para fontes de alimentação
- \* Transformadores para ignição
- \* Transformadores sob encomenda



**Eletrônica Veterana Ltda.**  
**Ind. e Comércio de Componentes Eletrônicos**

Rua Aurora, 161 — tel. 221.4292 — Cep.01209 — São Paulo (SP)

# CONSTRUA VOCÊ MESMO ESTE TRANSMISSOR DE FM

Que é que você acha de ouvir sua voz pelo rádio?  
De ter seu programa exclusivo? Pois agora isso já é  
possível, graças ao novo transmissor de FM  
da Nova Eletrônica

EQUIPE  
TÉCNICA  
DA  
NOVA  
ELETRÔNICA

Imagine um aparelhinho, não maior que um rádio portátil, que permite que você transmita seus próprios programas pelo receptor de FM, ou que permita comunicação entre dois ambientes, usando o rádio FM como receptor. É exatamente isso o que faz o kit do transmissor.

Até uma distância de 20m, aproximadamente, ele é capaz de transmitir qualquer som pro-

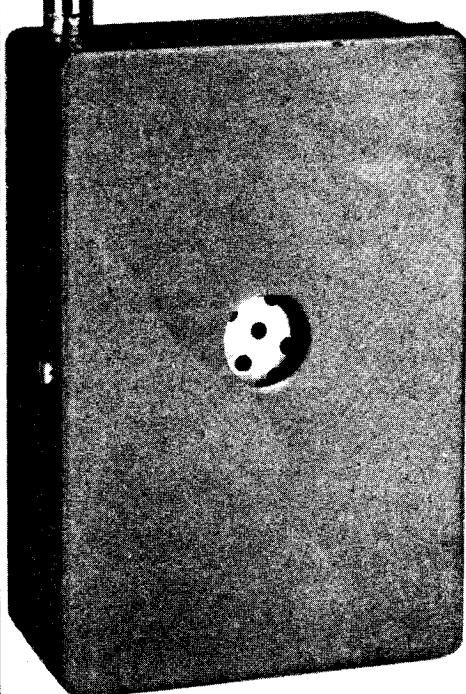
duzido em suas proximidades, para que seja reproduzido em qualquer receptor de FM, que esteja sintonizado acima dos 100 MHz. E não importa que o receptor esteja «pegando», ou não, uma estação; assim, com pequenas modificações, pode-se escolher entre interferir em um programa de rádio ou fazer nosso próprio programa.

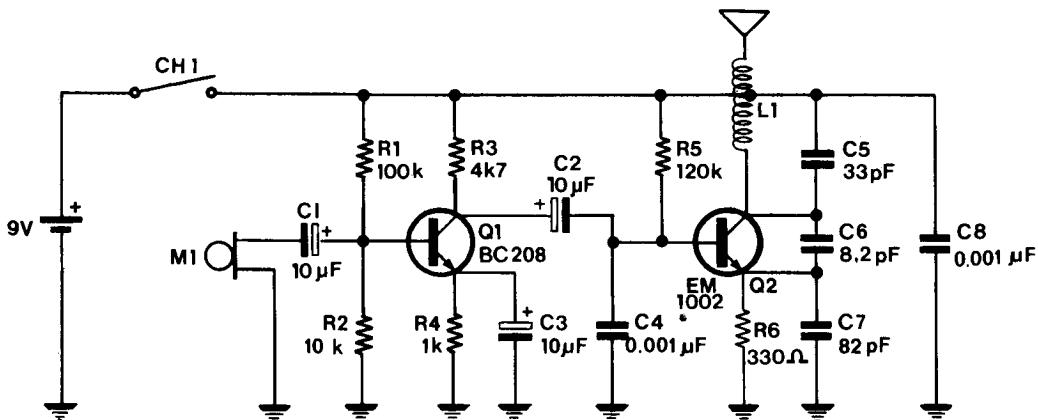
Com essas características, é possível, por exemplo, falarmos em uma sala, para sermos ouvidos em outra, onde está o receptor. De imediato, surgem duas aplicações viáveis para o transmissor: como uma espécie de comunicador e como babá eletrônica para bebês. Além disso, há possibilidade de organizar brincadeiras com ele, transmitindo programas familiares para o rádio de casa.

Afora todas essas possibilidades, existe uma outra grande vantagem no transmissor, que é a de familiarizar os principiantes com a teoria e a montagem eletrônicas. Mas, vejamos como ele funciona.

## Funcionamento

O circuito completo do transmissor aparece na figura 1. M1 é um microfone de cristal e tem a função de captar os sons, para transformá-los em sinais elétri-





**FIGURA 1**

cos. Esses sinais de áudio são amplificados pelo transistores Q1.

O transistore Q2, juntamente com a bobina L1 e os capacitores C5 e C6, forma um oscilador, que gera um sinal de rádio-freqüência (RF). Esse oscilador é do tipo Colpitts.

O sinal de áudio, amplificado em Q1, vai modular o sinal de RF, gerado em Q2. Conclui-se, assim, que o sinal de RF é uma freqüência portadora e o sinal de áudio é o modulador. Esse sinal será transmitido pela antena do transmissor, com o auxílio da freqüência portadora.

Os capacitores C1 e C2 são de acoplamento, isto é, permitem a passagem do sinal, enquanto evitam a passagem de corrente contínua, que poderia causar problemas no funcionamento do aparelho.

Os capacitores C3, C4, C7 e C8 são de desacoplamento, ou seja, desviam para a terra certos sinais indesejáveis.

Os resistores R1, R2, R3, R4 são responsáveis pela polarização de Q1 e os resistores R5 e R6, pela polarização de Q2, ou seja, fazem com que esses dois transistores trabalhem no ponto correto.

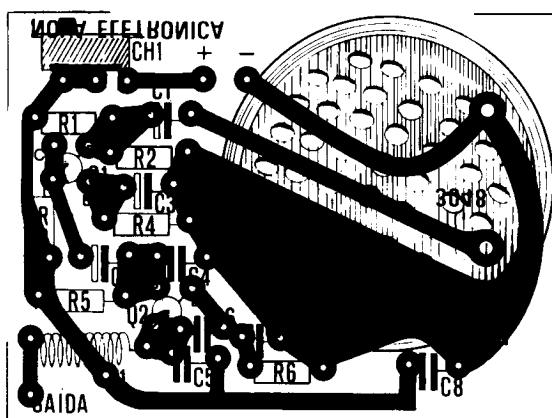
A bobina L1, além de participar do oscilador, acopla o circuito à antena, para que os sinais sejam transmitidos.

#### Montagem do kit

A montagem deste kit não é nada complicada, pois todos os componentes, com exceção da bateria, são montados sobre a placa de circuito impresso, evitando assim conexões externas com fios.

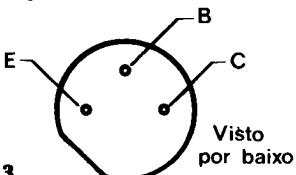
Observe a figura 2: lá está representada a placa de circuito impresso do transmissor, vista pelo lado dos componentes. Antes de dar início à montagem, verifique se você tem todas as ferramentas necessárias para efetuá-la: um ferro de soldar, de 30 W, no máximo; alicates, de bico e de corte; e uma lixa fina ou palhinha de aço, tipo bombril.

A lixa ou palhinha servirá para retirar a camada de óxido que, às vezes, aparece sobre os terminais de componentes e que dificulta ou impede a soldagem perfeita na placa de circuito impresso. Se você desejar obter detalhes mais profundos sobre soldagem, recomendamos uma consulta ao artigo «Como Soldar», publicado no n.º 9 de Nova Eletrônica, págs. 284/287.



**FIGURA 2**

Q1 - Q2



**FIGURA 3**



FIGURA 4

Comece soldando os resistores (na relação de componentes, fornecemos o código de cores dos mesmos). Em seguida, solde os capacitores sem polaridade, ou seja, C4, C5, C6, C7 e C8. E depois, pode soldar os capacitores eletrolíticos: C1, C2 e C3; esses capacitores têm polaridade e, por isso, deve-se respeitar, na hora de soldá-los, uma determinada posição de montagem; o lado escuro desses capacitores, no desenho da placa, corresponde ao terminal negativo dos mesmos (-).

Pode soldar os transistores sobre a placa, agora; através da figura 3, você pode identificar os terminais desses componentes, para fixá-los na posição correta; faça coincidir as marcações E (emissor), B (base) e C (coletor), indicadas na figura 3, com as mesmas marcações, impressas na placa do kit.

Chegou a vez da bobina. Este componente não é fornecido com o kit; ele deve ser confecionado por você mesmo, com o fio nu n.º 20 AWG, estanhado, e que vem juntamente com os materiais do kit. Fazer a bobina é uma operação bastante simples: basta enrolar 10 voltas desse fio em torno da rosca de um parafuso de  $5/16'' \times 1''$ , que também é fornecido com o kit. Em seguida, na 5.ª volta (ou espira), soldase um pequeno pedaço de fio, que será a derivação central da bobina, de acordo com o esquema da figura 1. Na figura 4, pode-se ver uma bobina feita por esse método.

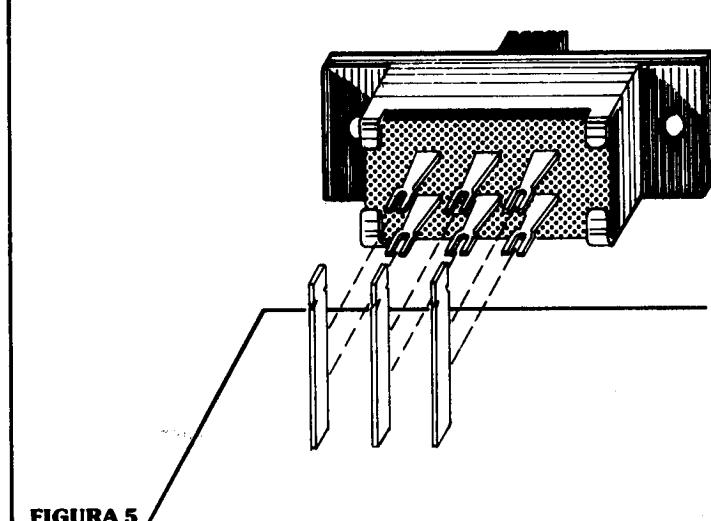


FIGURA 5

Tendo sua bobina pronta, solde seus três terminais à placa de circuito impresso.

Vamos à chave liga/desliga do circuito, agora. Como essa chave fica «deitada» em relação à placa, ele deve ser soldada a três terminais de circuito impresso, conforme se vê na figura 5: é preciso soldar, em primeiro lugar, os três terminais e depois, então, solda-se a chave aos terminais.

Antes de soldar o microfone de cristal na placa, solde o conector da bateria, sendo o fio vermelho na indicação «+» e o fio preto, na «-».

Solde também um pequeno pedaço de fio nu (2 cm, aproximadamente) no furo da placa onde está a indicação «SAÍDA».

Depois de soldado o fio, forme em sua extremidade um pequeno anel, pois ele vai conectar todo o circuito do transmissor à antena.

Terminadas todas essas operações, solde, por fim, o microfone de cristal, no local previsto para ele, na placa. A figura 6 fornece uma visão geral do conjunto, nesta etapa da montagem.

Seu transmissor está pronto para ser acomodado na caixa. Antes, porém, confira toda a montagem, incluindo posição dos componentes e soldas, para certificar-se de que está tudo em ordem.

Coloque o conjunto na caixa, de modo que a alavanca da chave corresponda com a furação feita numa das laterais. Parafu-

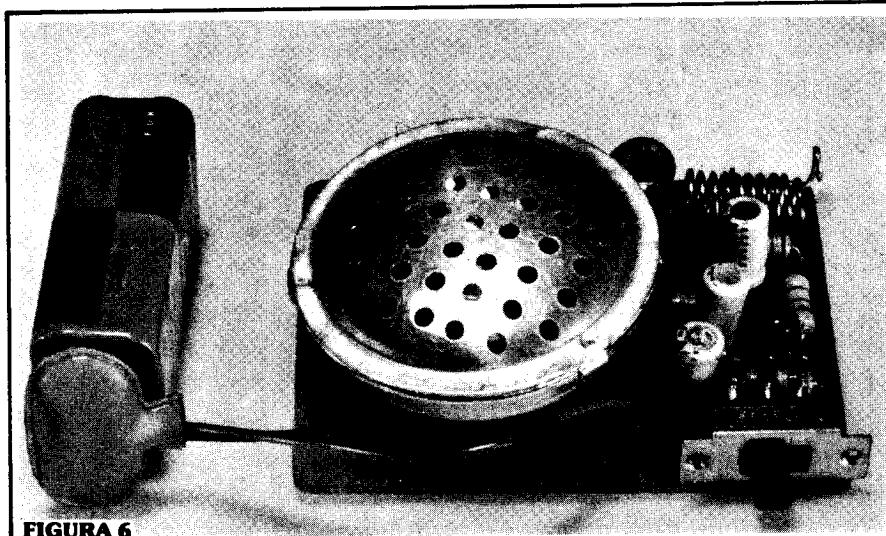


FIGURA 6

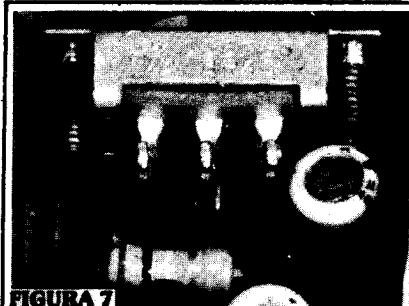


FIGURA 7



FIGURA 8

se, então, a chave na caixa, conforme detalhe visto na figura 7.

É preciso instalar a antena; para isto, enfile o parafuso adequado pelo anel, formado pelo fio do ponto «SAÍDA», e também pelo orifício feito na parte superior da caixa, de forma que a ponta do parafuso fique aparente; em seguida, firmando a cabeça do parafuso com um dos de-

dos, parafuse a antena à caixa. Na figura 8, vemos um detalhe ampliado dessa conexão.

Enfim, ligue a bateria ao conector, e acomode a bateria na parte inferior da caixa, logo abaixo da placa de circuito impresso. Confira toda a sua montagem, por meio da figura 9.

Antes de fechar a caixa do transmissor, faça um teste com ele. Ligue o aparelho, estique a antena (pois na foto de entrada ela está recolhida; seu comprimento total é de 85 cm) e com um receptor de FM próximo, sintonizado em qualquer lugar acima dos 100 MHz, vá girando o botão de sintonia, até ouvir um apito no alto-falante do receptor; esse é o ponto de trabalho do transmissor. Afaste-se um pouco do rádio, agora, até sumir o ruído e fale no microfone do transmissor: sua voz deverá surgir no receptor de FM.

Caso haja alguma estação transmitindo exatamente no ponto de trabalho do seu transmissor, e você não desejar que tal aconteça, é possível mudar essa situação, de duas maneiras:

A primeira é pela variação da distância entre as espiras da bo-

bina ou pela variação do próprio número de espiras da mesma. Caso você tenha interesse, pode efetuar vários testes, aumentando ou diminuindo o número de voltas da bobina, para verificar os efeitos no funcionamento.

A segunda maneira é pela variação do valor do capacitor C5, de 33 pF. Diminuindo o valor desse capacitor (para 27 pF, por exemplo) o transmissor vai passar a agir numa freqüência mais alta; e, no caso contrário, o transmissor vai funcionar numa freqüência mais baixa (com um capacitor de 39 pF, por exemplo).

Mas tudo isso fica a cargo de sua imaginação, assim como a melhor maneira de fazer uso do transmissor de FM.

### Relação de componentes

R1 — 100 quilohms — marrom / preto/amarelo  
R2 — 10 quilohms — marrom/preto / laranja  
R3 — 4,7 quilohm — laranja/violeta/vermelho  
R4 — 1 quilohm — marrom / preto / vermelho  
R5 — 120 quilohms — marrom / vermelho / amarelo  
R6 — 330 ohms — laranja/laranja / marrom.

**Obs.:** todos os resistores são de 1/4 W

C1, C2, C3 — 10  $\mu$ F / 16 V  
C4, C8 — 0,001  $\mu$ F / 16 V ou 1 nF / 16 V

C5 — 33 pF  
C6 — 8,2 pF  
C7 — 82 pF  
Q1 — BC 208 ou BC 207  
Q2 — EM 1002

M1 — cápsula de microfone de cristal  
CH1 — Chave HH miniatura

Placa de circuito impresso n.º 3048 — Nova Eletrônica  
3 terminais p/ circuito impresso  
Caixa plástica com antena telescópica  
Bateria de 9 V com conector

1 m de fio rígido n.º 20 AWG, estanhado, p/ a bobina  
2 parafusos, rosca soberba, 2,2 x 8 mm

2 parafusos 3/32" x 1/4"

1 parafuso 3 x 6 mm

1 parafuso 5/16" x 1"

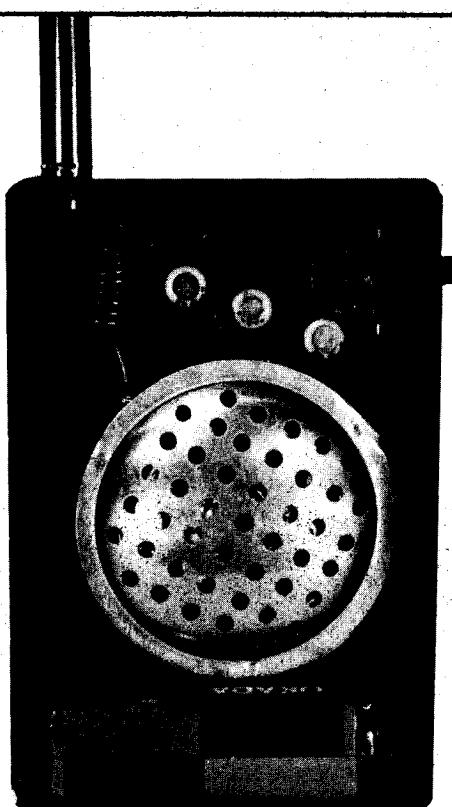
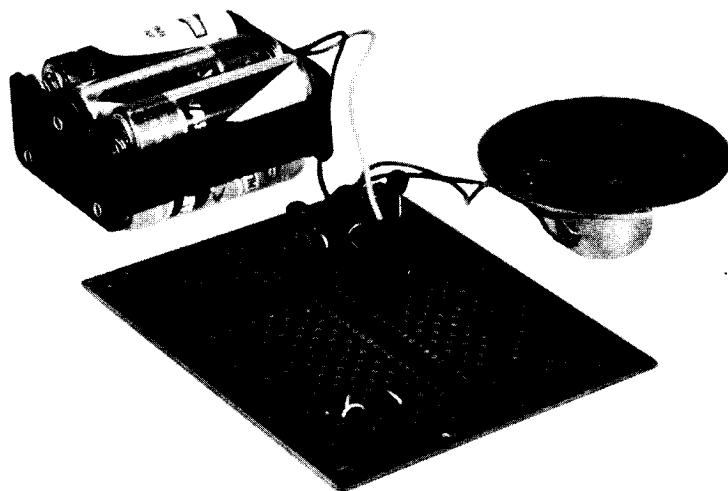


FIGURA 9

# Medidor Audível de Luz



## Como funciona

O circuito é muito simples, como podemos ver pela figura 1, e requer apenas quatro partes, além de um «flash» de luz e do alto-falante. Ele trabalha da seguinte forma: quando a fotocélula não está recebendo luz sua resistência é muito alta, e o capacitor  $C_1$  permanece sem carga. Os transistores  $Q_1$  e  $Q_2$  também não estão conduzindo. Quando a resistência da fotocélula começa a diminuir devido a incidência de luz, em sua superfície sensitiva,  $C_1$  começa a se carregar. Ao atingir um determinado nível de carga, ele fará com que

$Q_1$  inicie a condução; este por sua vez fará o mesmo com  $Q_2$ , pois caindo a tensão no coletor de  $Q_1$ ,  $Q_2$  que é PNP, começa a conduzir. A corrente da bateria começará então a fluir através de  $Q_2$  e excitará a bobina do alto-falante.

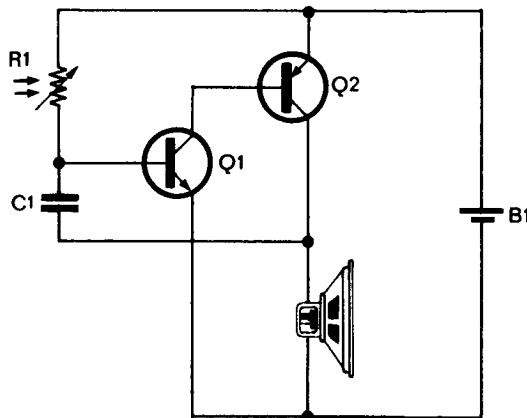
Entretanto,  $C_1$  está se descarregando através de  $Q_1$  e da bobina do alto-falante. Quando a carga de  $C_1$  cair abaixo de certo ponto,  $Q_1$  voltará ao corte e assim consequentemente também  $Q_2$ . Como  $Q_2$  conduziu apenas por um breve espaço de tempo, o resultado foi apenas um estalo no alto-falante.

Se a fotocélula ainda está recebendo luz,  $C_1$  irá se carregar novamente e o processo se repetirá, produzindo uma série de estalos. Se a luz sobre a fotocélula está bastante brilhante, sua resistência permanecerá muito baixa e  $C_1$  carregar-se-á muito rapidamente. Isso reunirá os estalos em um tom contínuo.

## Sugestões de montagem

Devido à sua simplicidade e facilidade de montagem, este circuito não será oferecido em «kit» pela «NOVA ELETRÔNICA». No entanto, há um protótipo montado e funcionando em

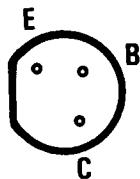
O nosso projeto deste mês procura manter o ideal desta seção, de fornecer àqueles que se iniciam na eletrônica, a possibilidade de uma experiência prática, com a qual ao mesmo tempo aprendem e se divertam. Para tanto, apresentamos um projeto simples quanto ao funcionamento e montagem, mas com várias possibilidades de uso. É um circuito sensível à luz, que gera um sinal audível em resposta à presença de luz. O circuito usa uma fotocélula de sulfito de cádmio, de baixo custo, um par de transistores e um capacitor. A saída é forte o bastante para excitar um pequeno alto-falante. Você poderá usá-lo como um medidor audível de luz. Na ausência total de luz ele estará completamente silencioso, mas com uma pequena quantidade de luz incidindo sobre a célula fotossensível, ele deverá começar a emitir sinais audíveis, através do alto-falante. Os sinais, inicialmente como estalos à presença de pouca luz, irão aumentando em freqüência e se tornando um zumbido, com uma maior incidência de luz.



**FIGURA 1**

nosso laboratório, conforme nos ilustra a foto. Nossos técnicos sugerem o uso dos componentes relacionados na tabela, facilmente encontrados no mercado, e de funcionamento comprovado. Todavia, outros componentes poderão ser testados, porém sem a nossa garantia

quanto ao funcionamento. Uma sugestão do pessoal de nosso laboratório, é que se reduza a superfície sensível da fotocélula a fim de restringir a faixa de freqüências a uma região mais audível. Isto poderá ser feito com a aplicação de um pequeno pedaço de fita isolante sobre a super-



**FIGURA 2**

fície fotosensível, deixando-se um pequeno orifício.

A distribuição dos terminais dos transistores BC 237 e BC 327 pode ser observada pela figura 2.

#### Outras maneiras de usar

Antes de realizar a montagem final do circuito você poderá experimentar o seu funcionamento com diferentes valores de  $C_1$ . Para melhores resultados tente valores na faixa de 0,001 microfarads até 1 microfarad, se desejar. Valores muito pequenos ou muito grandes não deverão funcionar, mas alguns outros sim. A variação dos valores de  $C_1$  deverá provocar mudanças na tonalidade do sinal de saída. Experimente até conseguir o resultado que mais lhe agrade. O circuito é muito sensível a pequenas variações na luz, e você poderá adicionar um potenciômetro ou um resistor de «trimmer» para reduzir a sensibilidade. Use um potenciômetro de 1 megaohm e conecte-o diretamente em paralelo com a fotocélula.

O medidor audível de luz também poderá ser usado como brinquedo para crianças, ou para fazer experimentos com música eletrônica. Você poderá ainda conservá-lo como um gerador de sinais para outros circuitos.

#### Relação de componentes

$Q_1 = \text{BC 237 (NPN)}$

$Q_2 = \text{BC 327 (PNP)}$

$C_1 = 0,1 \mu\text{F}$

$R_1 = \text{LDR VT-732E}$

$B_1 = 6,0 \text{ volts (4} \times 1,5 \text{ V em série)}$

1 alto-falante de 8 ohms, 300 miliwatts

# O APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR

Em meados do séc. passado, durante a Revolução Industrial, o homem despertou para a necessidade de fontes de energia barata e abundante, a fim de poder alimentar suas máquinas, sempre mais famintas.

Naquela época, a solução foi o carvão; mas, já há bastante tempo, o petróleo tomou o lugar do carvão na preferência do homem.

No entanto, agora, o petróleo entrou em crise, por um motivo ou outro, e esse problema despertou novamente o homem, desta vez não apenas para novas fontes de energia mais barata e abundante, mas também mais limpa, que não contribua para poluir ainda mais o seu já poluído planeta. Entre as várias opções que surgiram, então, destacou-se um tipo de energia que nos é enviada há séculos, e só há alguns anos começamos a considerá-la em nosso benefício: a energia solar. É uma fonte limpa, barata e inesgotável.

Neste artigo, pretendemos expor as possibilidades da energia solar e o que está sendo feito para aproveitá-la.

## A ENERGIA SOLAR

A terra recebe anualmente do sol o equivalente a  $4 \times 10^{17}$  quilowatts/hora, que pode ser igualado a 50 000 vezes a energia elétrica consumida pela humanidade, em 50 anos. Essa fantástica fonte de energia, até agora desperdiçada, poderia ser aproveitada de inúmeras formas. Para dar uma idéia do que essa quantidade de energia representa, vamos fornecer um exemplo ilustrativo:

Se cobrissemos uma área de 1000 km<sup>2</sup> com células solares (dispositivos utilizados atualmente para o aproveitamento da energia do sol), com a energia elétrica obtida seria possível suprir os Estados de São Paulo e Paraná, ocupando apenas 0,22% da área total dos dois Estados.

## O APROVEITAMENTO

Para que possamos utilizar a

energia solar que chega até nós, precisamos de transdutores, ou seja, dispositivos que convertam a energia solar diretamente em energia elétrica. Tais transdutores são as células solares. Vejamos como elas são:

**As células solares** — As modernas células solares foram desenvolvidas para servirem como fonte de energia elétrica em satélites artificiais. A partir dessas células, surgiram aquelas especialmente projetadas para trabalhar na superfície da terra, ou seja, sob condições bem diversas daquelas encontradas no espaço.

No mundo todo, grupos de pesquisa estão estudando o desenvolvimento dessas células, utilizando diversos tipos de materiais e, entre eles, o silício, o sulfeto de cádmio e o gálio.

**A célula solar de silício** — Entre os materiais pesquisados atualmente, o silício oferece as maiores vantagens e a maior simplicidade de aplicação; assim, daqui por diante, vamos nos basear apenas em células confeccionadas com esse material, para ilustrar o princípio de funcionamento das células solares e para explicar sua aplicação no aproveitamento da energia solar.

No esquema da figura 1, podemos ver o que ocorre no interior de uma célula de silício, quando a luz incide sobre ela. Vê-se que ela é constituída por uma junção PN e, quando uma dessas células é exposta à luz, origina-se uma tensão contínua entre seus terminais. A energia luminosa, ao incidir sobre a junção, é parcialmente absorvida e seus fôtons deslocam elétrons,

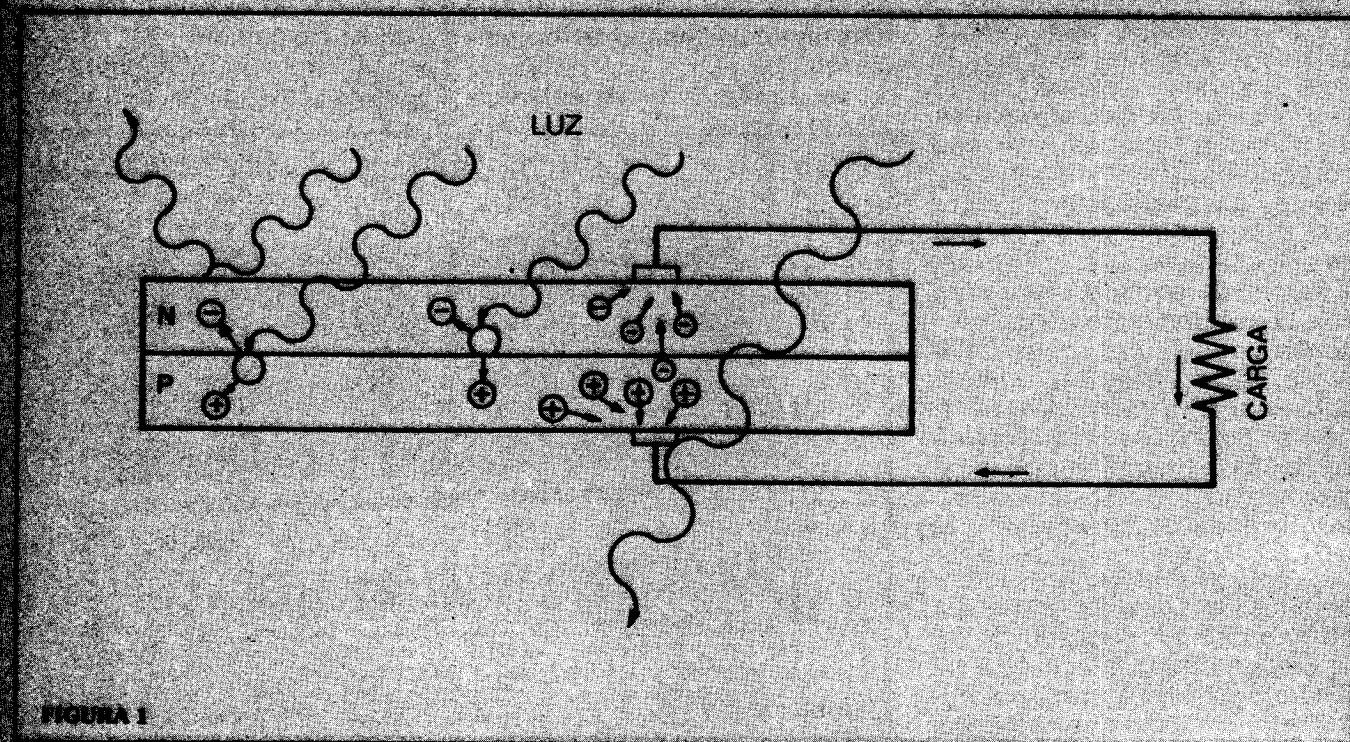
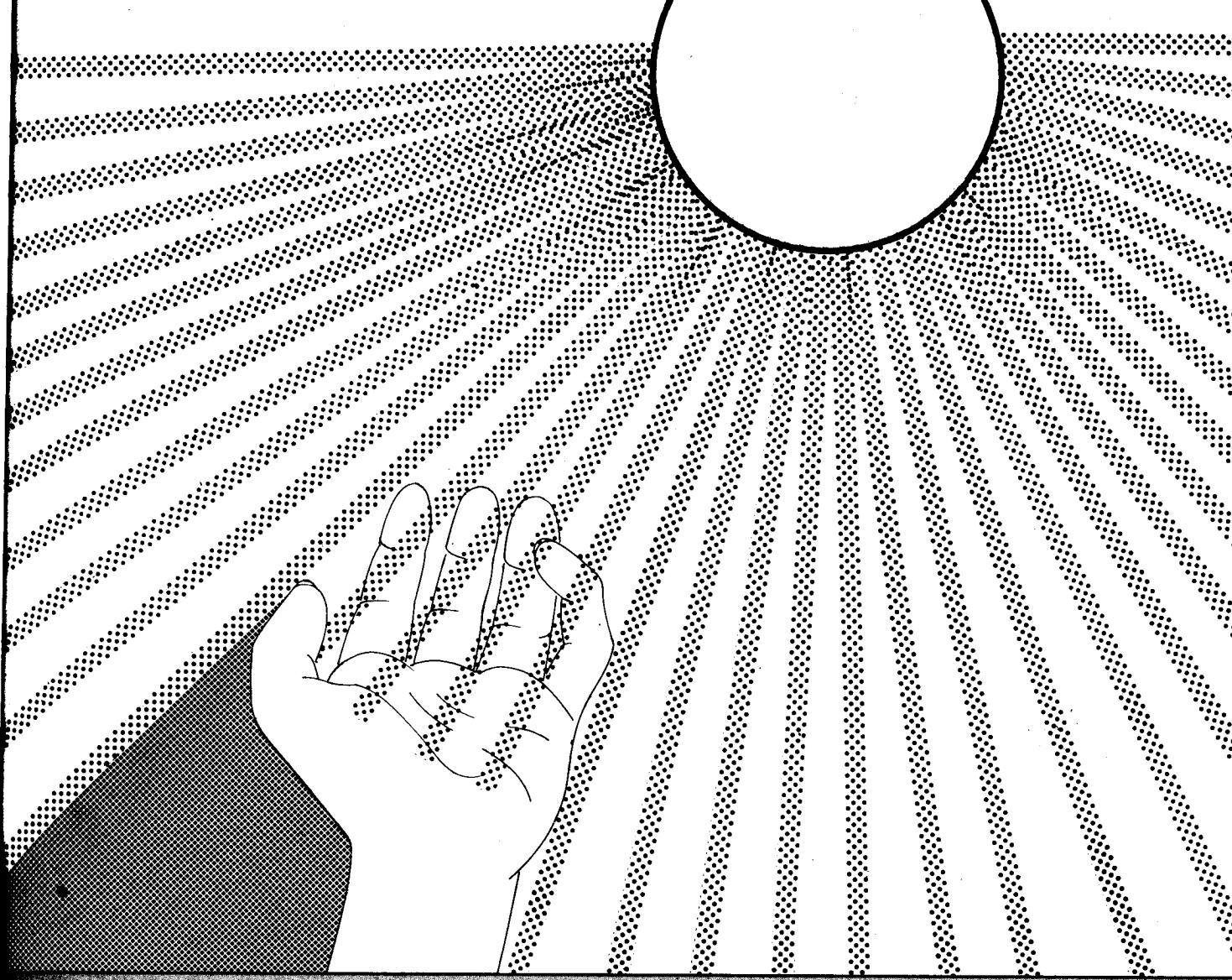
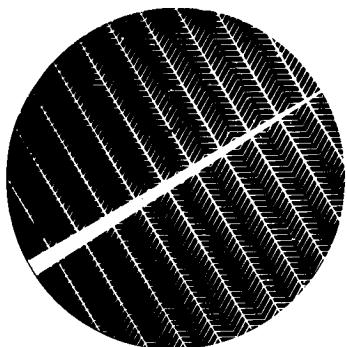


FIGURA 1



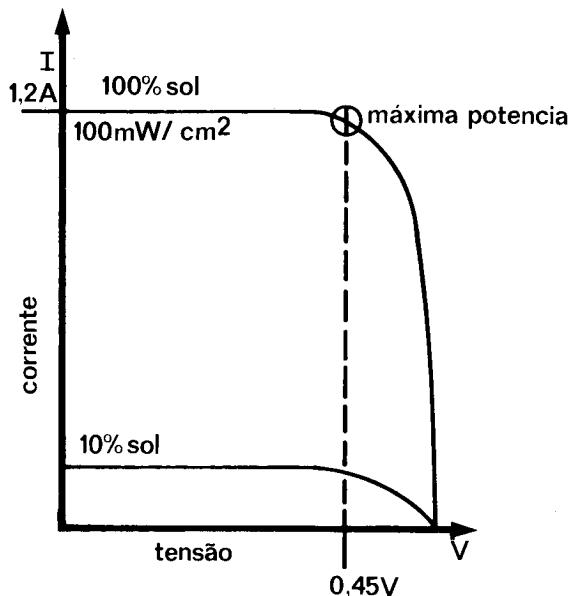
**FIGURA 2**

nas camadas externas dos átomos, dando origem a pares elétron-lacuna. Os pares assim formados ficam impedidos de se recombinarem, devido à barreira formada pela própria junção PN.

Esse fenômeno dá origem, então, a uma diferença de potencial entre os terminais da célula. Caso seja ligada uma carga a esses terminais, teremos um fluxo de corrente. Por extensão, concluímos que a corrente produzida depende da quantidade de luz incidente e da área da célula solar. Mais adiante, veremos que a tensão presente entre os terminais da célula é praticamente constante, independentemente da quantidade de luz e do tamanho da célula.

**Características das células solares de silício** — Na figura 2, podemos observar uma célula solar típica. As células solares de silício apresentam, em seu estágio atual de desenvolvimento, um rendimento melhor que 10%. Assim, considerando-se que a terra recebe, em média,  $1 \text{ kW/m}^2$  de energia solar, com céu claro, obteremos, em  $1 \text{ m}^2$  coberto por células solares,  $100 \text{ W}$  de energia elétrica, a pleno sol. Entretanto, se considerarmos as condições reais, com as variações meteorológicas naturais, o resultado será um fornecimento médio de  $20 \text{ W/m}^2$ .

Conforme dissemos anteriormente, a corrente fornecida por uma célula depende da intensidade da luz incidente e da área útil da célula; mas, por outro lado, a tensão que essas cé-



**FIGURA 3**

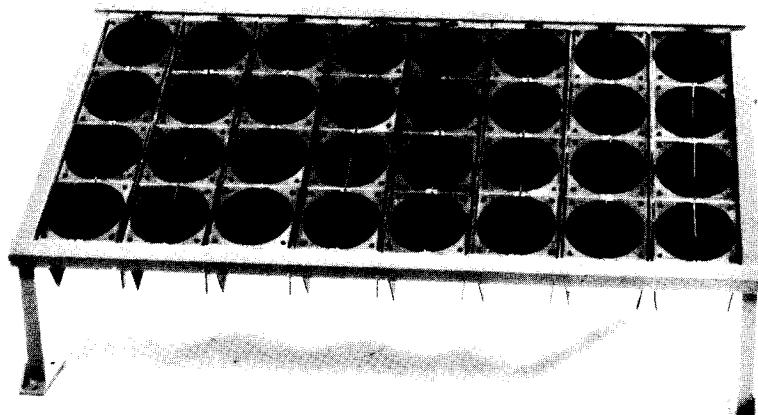
lulas fornecem é sempre constante, independentemente daqueles dois fatores. Essa tensão é aproximadamente igual a  $0,45 \text{ V}$ , a  $25^\circ\text{C}$ , e decresce com o aumento da temperatura. Daí, podemos concluir que a célula solar aproveita, na verdade, apenas a energia luminosa vinda do sol e que a energia térmica chega até mesmo a ser prejudicial, pois diminui a tensão de fornecimento.

Na figura 3, representamos

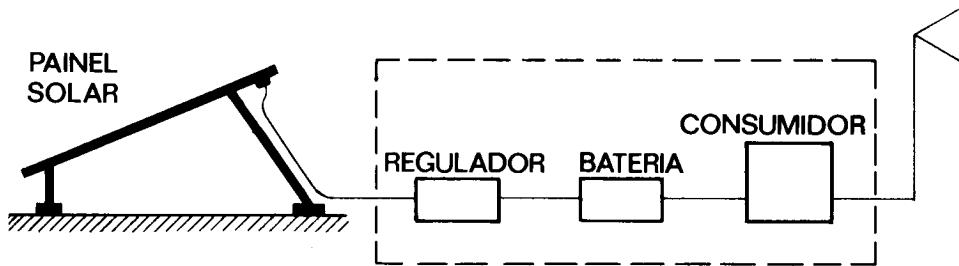
um gráfico tensão × corrente de uma célula solar de silício.

**O agrupamento de células: painéis solares** — As células solares podem ser ligadas em série, em paralelo ou em série-paralelo, de maneira a formar **painéis solares** de diferentes capacidades, de acordo com a aplicação a que se destinam. Na figura 4, vemos um exemplo típico de um desses painéis.

Tais painéis geralmente são unidades modulares, permitindo



**FIGURA 4**



**FIGURA 5**

obter várias tensões e correntes, e possuem carcaça de alumínio, que os torna resistentes às intempéries. As células ficam protegidas por um material policarbonato transparente, altamente resistente e impermeável, que cobre toda a parte superior do painel.

Devido a esse tipo de construção, os painéis necessitam de um mínimo de manutenção; em locais onde não haja muita poluição, a própria água da chuva se encarrega da limpeza do material que recobre as células. Em caso contrário, uma manutenção de uma vez por ano é o suficiente, que se resume em lavar com água o painel.

#### O que ligar aos painéis —

Em princípio, as células solares devem ser utilizadas em conjunto com baterias, para serem ligadas ao consumidor. Desta forma, temos o que se chama **carregador solar**, cujo diagrama de blocos aparece na figura 5. Vê-se que é composto por três partes principais: o painel solar, o regulador e a bateria.

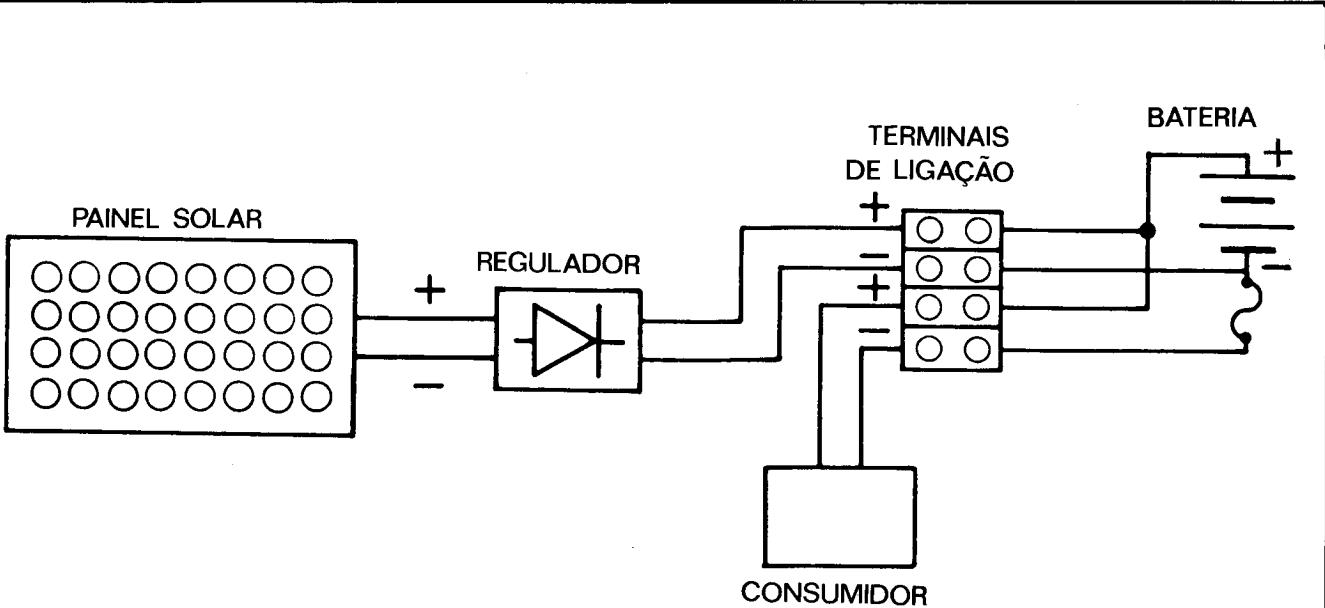
**Painel solar:** Esse painel, conforme já foi explicado, contém as células fotovoltaicas, que produzem energia elétrica, quando atingidas pela luz.

**Regulador:** A função do regulador é a de garantir que a bateria seja sempre alimentada com

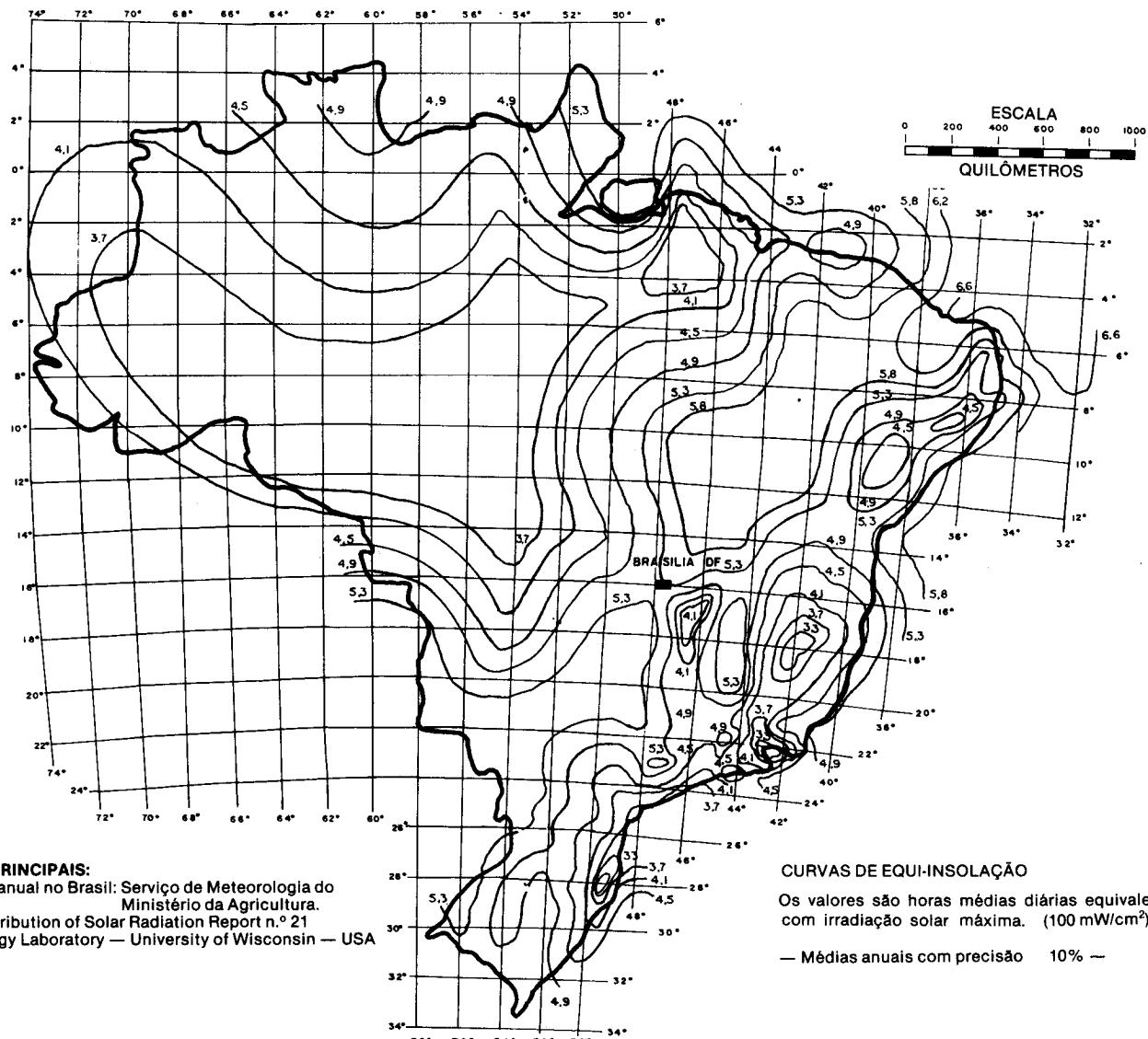
a tensão correta e, ao mesmo tempo, evitar a descarga da bateria em direção às células, durante a noite.

**Bateria:** Fornece corrente ao consumidor, nos períodos sem sol. Deve ser escolhida por sua baixa auto-descarga, alta eficiência e baixa perda de eletrólito.

No Brasil, existem atualmente dois tipos de bateria mais recomendáveis para serem utilizadas com carregadores solares: as baterias chumbo-ácidas e as de chumbo-cálcio. Um terceiro tipo, a bateria alcalina, também é viável, mas o painel, nesse caso, vai necessitar de mais



**FIGURA 6**



## **FONTES PRINCIPAIS:**

**Insolação anual no Brasil: Serviço de Meteorologia do  
Ministério da Agricultura.**  
**World Distribution of Solar Radiation Report n.º 21**  
**Solar Energy Laboratory — University of Wisconsin — USA**

**FIGURA 7**

células, a fim de obter a mesma potência de geração.

Na figura 6, detalhamos um pouco mais o esquema de conexão do carregador solar, entre seus elementos, e entre ele e o consumidor.

**Instalação** — A instalação de um painel solar depende de certas regras básicas, a saber:

- Local de instalação (latitude e longitude)
- Posição e deslocamento do sol durante o dia e ao longo das estações do ano;
- Isolação média no local.

O painel pode ser instalado sobre telhados, em torres ou no solo, mas deve estar sempre em local aberto e colocado de tal modo que fique exposto aos raios solares o dia inteiro. Se o

local de instalação está no hemisfério sul, o painel deve ficar voltado para o norte e vice-versa, caso o local de instalação esteja no hemisfério norte. Além disso, a latitude do local vai determinar o ângulo com que o painel deve «encarar» o sol.

A insolação no local de instalação é analisada através de mapas que mostram curvas, correspondentes ao número diário de horas equivalentes com irradiação solar máxima, denominadas curvas de equi-insolação. Na figura 7, temos essas curvas determinando a insolação máxima diária sobre o Brasil.

Além desses detalhes, outros devem ser levados em consideração, tais como o local para a bateria, que precisa ser

ventilado e protegido da chuva e do sol. A estrutura metálica do painel, também, deve ser fixada numa base, nivelada horizontalmente.

## APLICAÇÃO

As possibilidades de aplicação dos carregadores solares são as mais diversas possíveis. De acordo com previsões de técnicos envolvidos nessa atividade, nos anos vindouros começaremos a utilizar quantidades cada vez maiores de células solares. Os maiores consumidores de energia solar serão equipamentos pequenos, com consumo de até 1 kW, em pontos onde é difícil instalar energia comercial ou onde o investimento inicial para suprimento de energia comercial é relativamente superior ao investimento necessário

com baterias e carregadores solares. Além desses, em todos os lugares onde é necessária uma fonte praticamente sem manutenção e de grande confiabilidade, começa-se a empregar fontes de energia solar.

No mundo inteiro, usa-se a energia de baterias e carregadores solares para telemetria, rádio-telefonia e rádio-sinalização, em locais onde a instalação do sistema, embora fácil, só é viável por meio de viagens de helicóptero, como em altas montanhas, pontos distantes em florestas e pontos de sinalização distantes da rede elétrica normal.

Os carregadores solares para uso comercial e de recreio (radioamadorismo, iluminação de acampamentos, bateria para barcos, etc.) também são possíveis.

## AS POSSIBILIDADES NO BRASIL

Seria justificável a difusão dos carregadores solares em nosso país? Em primeiro lugar, a enorme extensão de nosso território torna obrigatório o uso de fontes de energia isoladas, em locais onde, muitas vezes, o acesso é praticamente impossível. Além disso, a posição geográfica do Brasil proporciona uma tal distribuição de insolação média, durante todos os meses do ano, que mesmo com baterias relativamente pequenas pode-se alcançar elevados e constantes níveis de energia. Outra vantagem comum aos países situados nas zonas equatorial e tropical, como o Brasil, é a distribuição de chuva ao longo do ano. Essa distribuição, associada ao fato de que, no Brasil, a insolação média anual pode chegar a 2300 horas, proporciona um equilíbrio tão favorável na geração de energia, a ponto de permitir uma padronização do uso dos carregadores solares, e de facilitar grandemente o planejamento e projeto de sistemas de geração de energia a partir da luz solar.

Deste modo, as primeiras

aplicações de carregadores solares, no Brasil, estão já em pleno andamento, a cargo de firmas especializadas. Existem previsões para bóias de sinalização, no mar, assim como em telecomunicações, principalmente nos rádios monocanais das linhas telefônicas, e em sistemas de VHF, UHF e micro-ondas, especialmente nas estações repetidoras distantes ou situadas em locais de difícil acesso, ou, ainda, para alimentação de telefones de emergência em rodovias. Na área de sinalização ferroviária, observou-se a grande vantagem de pequenas baterias, acompanhadas de carregadores solares, para alimentar equipamentos de sinalização de baixo consumo. É importante mencionar as possibilidades em aplicações militares, como, por exemplo, carregadores solares portá-

teis, usados para sinalização e rádios de campanha. Pode-se considerar, ainda, o uso de carregadores solares em estações meteorológicas de difícil acesso.

Com tudo o que analisamos e discutimos, verifica-se que a energia solar representa uma ótima alternativa para os dias de hoje, que suas potencialidades para o futuro são tão ilimitadas quanto o avanço tecnológico permitir, e que certamente ocupará uma boa parcela do vácuo deixado pelo petróleo, quando este deixar de existir. Pode-se dizer, em outras palavras, que a energia solar é uma solução viável para o presente e uma grande esperança para o futuro.

(Informações técnicas cedidas pela Fone-Mat S.A. Indústria para Telecomunicações.)

Depto. de Engenharia de Energia Solar

<b>PURFURADOR DE PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO</b>  Furta com perfeição, rapidez e simplicidade, seja fenda ou ópica, não trincas. Em 2 modelos. Modelo PP-1 para 3 tamanhos de furos (0,9-1,5 e 3 mm)	<b>SUporte para Placa de Circuito Impresso</b>  Torna o manuseio das placas bem mais fácil e racional. É todo regulável. Em 2 modelos.	<b>Suporte para Ferro de Soldar de Até 50 W</b>  Coloca mais ordem e segurança na mesa de trabalho. A esponja limpadora (Cleaning sponge) mantém a ponta do ferro sempre limpa
<b>SUGADOR DE SOLDA</b>  Ideal para estudantes, laboratórios, experiências e também para produções em série. Modelo PP-2 para furos de 1 ou 1,5 mm	<b>FONTE ESTABILIZADORA DC</b>  Entrada de 110/220 v, saídas fixas e ajustáveis de 1,5 a 12 VDC. Corrente de saída de 1 A. Proteção interna contra curto circuito.	
<b>DESSOLDADOR AUTOMÁTICO</b>  A solução para remoção de circuitos integrados. Ele remove a solda e ao simples toque de botão faz a sucção. Silencioso, ótimo para assist. técnica e linhas de montagem.	<b>DESSOLDADOR MANUAL</b>  Eficiência a baixo custo. Remove circuitos integrados e outros componentes. Resistência de 50 w em 110 ou 220 VAC.	<b>ROTOR DE ANTENA EXTERNA PARA TV</b>  A solução final para o problema de regulagem de antena. Cada canal terá posicionada a antena para captar a melhor imagem, ao simples toque de botão. Técnica super avançada. Instalação facilíssima. Serve para antenas novas ou já instaladas. Garantia de 6 meses.
<b>INJETOR DE SINAIS</b>  Mede apenas 11 cm. Funciona com 1 pilha pequena. Para localização de defeitos em rádios, amplificadores, gravadores, som de TV, e quaisquer outros aparelhos sonoros. Em 3 opções.	<b>TRAÇADOR DE SINAIS</b>  O maior quebra galho do técnico reparador. Localiza com incrível rapidez defeitos em rádios de pilha, válvula, e outros aparelhos sonoros. Em 3 opções.	
<b>SOLICITE NOSSOS CATÁLOGOS</b>		
<b>A VENDA EM TODO BRASIL</b> Produtos da CETEISA Rua Senador Fláquer n.º 292 Santo Amaro - São Paulo - CEP 04744 Fones: 548-4262 - 246-2996 e 247-5427		
Vendas por reembolso postal pela: <b>ATLAS - COMPONENTES ELETRÔNICOS LTDA.</b> Av. Lins de Vasconcelos n.º 755 Cambuci - São Paulo - CEP 01537		

# LASER: UMA FORMA DIFERENTE DE LUZ



*A expansão dos estudos das ondas eletromagnéticas, a partir dos conceitos avançados conseguidos graças ao trabalho de homens como Maxwell, Hertz, Niels Bohr, Albert Einstein e Charles Townes, permitiu uma verdadeira revolução no setor das comunicações e possibilitou o desenvolvimento da própria eletrônica.*

*A comunicação em rádio e microondas é possível porque válvulas e transístores estão disponíveis para gerá-las e amplificá-las. Se você alimenta um amplificador e a saída deste você faz retornar à sua entrada, a energia vai e volta e você tem um oscilador, um dispositivo que gera ondas eletromagnéticas.*

*A história da eletrônica está bastante ligada à luta de cientistas e engenheiros para gerar e amplificar ondas de freqüências sempre maiores. Depois de chegar à faixa das microondas, os cientistas se viram diante do problema de produzir ondas de freqüências cada vez maiores, com os dispositivos convencionais, devido aos comprimentos de onda extremamente curtos.*

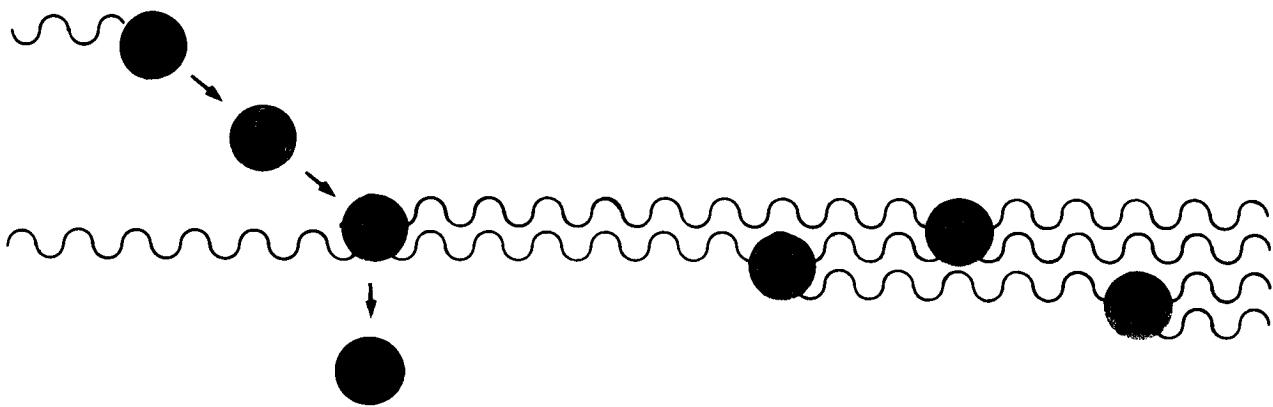
Mas por que não usar os átomos e moléculas como seus próprios ressonadores? Esta questão vem sendo ponderada por alguns pesquisadores desde aproximadamente 1950. Os estudos acumulados sobre energia eletromagnética, e estrutura atómica, resultaram em 1953, depois de muitos experimentos, em um dispositivo que foi chamado Maser, Microwave (Mole-

cular) Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificação de Microonda por Emissão Estimulada de Radiação). Ele emite um feixe puro e forte de microondas, de freqüência maior que qualquer um conseguido antes.

Masers desenvolvidos posteriormente, podem amplificar os mais puros sinais de rádio e não geram ruído próprio. Astrôno-

mos usam masers para amplificar ondas de rádio transmitidas por estrelas distantes.

Contudo, estes dispositivos trabalhavam apenas na faixa de microondas e os cientistas ainda não tinham conseguido um meio de gerar ondas puras na freqüência da luz. Em 1958 Charles Townes e Arthur Shawlow, dos laboratórios Bell, sugeriram um maser de luz com uma colu-



Um elétron que está a um baixo nível de energia, é excitado por uma onda eletromagnética e passa a um nível mais alto. Quando uma outra onda de radiação o atinge, ele volta a seu estado anterior e emite a energia acumulada. Se esta energia atingir outros elétrons excitados, o processo se repetirá e assim sucessivamente.

na ou barra entre duas placas polidas. O primeiro construído por H. Maiman da Hughes Aircraft Co. em 1960, usava um intenso «flash» de luz para «bombar» uma barra de rubi, prateada nas extremidades.

Em 1964, Townes, que havia iniciado suas pesquisas em 1951, recebeu o Prêmio Nobel de Física. Também o receberam, Alexander Prokhorov e Nikolai Basov, que trabalhavam paralelamente a Townes no Instituto Lebedev em Moscou. O prêmio foi conferido por «trabalho fundamental no campo da eletrônica quântica que conduziu a construção de osciladores e amplificadores baseados no princípio maser-laser».

Em rápida sucessão científicas e engenheiros produziram ação laser em muitas combinações de gases, líquidos, plásticos, vidros, e semicondutores. As freqüências do laser têm sido estendidas na região de ultra-violeta e abaixo, no infravermelho próximo, para encontrar as freqüências de maser arremetidas da região de microondas.

#### Fundamentos Teóricos do Laser

Os átomos em muitos materiais podem mudar seus estados de energia por diferentes períodos de tempo. É possível a um material específico para determinado átomo, absorver

energia, que irá elevá-lo então a um nível de energia mais alto. Quando estes átomos voltam, para um nível de energia mais baixo, mais estável, eles irão emitir radiação. Luz não-coerente é produzida quando os átomos de uma substância são elevados a uma alta temperatura e incandescem. Por exemplo, numa lâmpada de tungstênio comum, o filamento é aquecido até uma temperatura alta e irradia luz visível.

Dentro dos átomos há um número de níveis de energia individuais possíveis para qualquer elétron em qualquer instante. O importante e o significativo deste fato é que enquanto é possível a um elétron existir em uma série de níveis de energia individuais, não é possível a ele existir entre esses níveis. Quando um elétron vai de um nível mais baixo a um nível mais alto, ele absorve energia. Se um elétron vai de um nível maior de energia a um nível menor, ele libera. Este é um dos princípios fundamentais dos dispositivos de energia quântica.

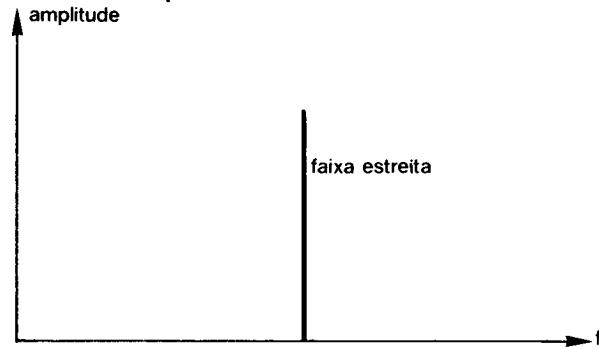
A energia total contida em um átomo está diretamente relacionada à energia de seus elétrons. Elétrons de um dado átomo podem ter sua posição alterada, por diferentes formas de

energia. Materiais radiativos por exemplo, estão constantemente passando por mudanças.

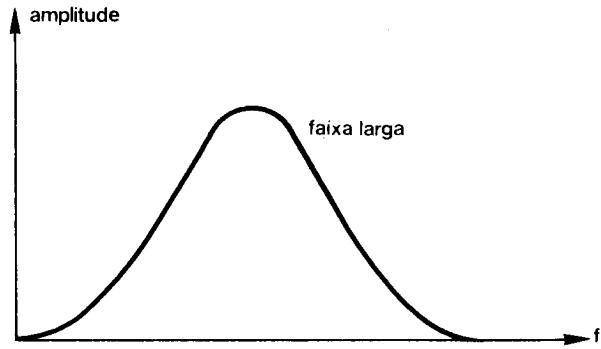
É também possível, mudar a estrutura de um átomo por meio de reações nucleares. A bomba atômica e a bomba de hidrogênio são exemplos espetaculares que mostram a quantidade de energia contida na estrutura atômica. Há métodos muito mais simples de mudança na quantidade de energia de uma determinada estrutura atômica. Uma célula fotoelétrica, por exemplo, tem um fotocatodo de materiais quimicamente ativos. Estes materiais conhecidos como metais alcalinos, são ativos ao ponto de emitirem elétrons quando atingidos pela luz. Eles são muito usados na indústria moderna.

As leis básicas dos efeitos fotoelétricos também governam os fundamentos da operação do laser. Há duas leis básicas da fotoelétricidade.

A primeira lei estabelece que o número de elétrons desprendidos por unidade de tempo por uma superfície fotoelétrica é diretamente proporcional à intensidade da luz incidente. Esta lei não causa surpresa e parece facilmente possível e aceitável; uma maior intensidade de luz, fará com que flua uma corrente maior na fotocélula.



A - radiação coerente - uma frequência



B - radiação incoerente - muitas frequências

A segunda lei estabelece que a máxima energia dos elétrons vindos de uma superfície fotoelétrica independe da luz incidente e é diretamente proporcional à freqüência da luz. Esta lei não nos parece tão óbvia e refletindo sobre ela, pode não parecer aceitável. No entanto pode ser demonstrado experimentalmente que a máxima energia dos elétrons depende apenas da freqüência da luz que atinge a superfície do catodo. As mais altas freqüências da radiação incidente produzirão maior energia dos fotoelétrons.

### Radiação Coerente e Incoerente

Há essencialmente dois tipos de radiação eletromagnética — incoerente e coerente. O primeiro é um processo de emissão espontânea em que alguns dos átomos do material mudam de um estado de alta energia para um estado de baixa energia de maneira aleatória. Isto produz uma emissão incoerente de radiação eletromagnética em diferentes freqüências e fases.

O segundo processo de emissão de energia de um átomo é estimular o átomo por meio de um campo eletromagnético externo de freqüência adequada. É importante saber que a emissão coerente produzida por esse método terá a mesma freqüência e fase que a energia que estimulou a emissão.

Por exemplo, um oscilador operando a 100 MHz, se é um oscilador bem projetado e construído, fornece uma saída numa freqüência única de 100 MHz. O sinal é puro, ou coerente e é dito que ele tem uma largura de faixa estreita. A luz produzida por um laser também é coerente, ela tem uma única freqüência, ou cor.

Uma lâmpada que produz luz branca, produz luz de muitas cores diferentes, que aparecem aos olhos como branca. Isto significa que ela é uma fonte de luz incoerente. Quando uma fonte de luz é coerente, ela produz uma única cor e tem um espectro de transmissão de faixa estreita. O laser é a primeira fonte de luz coerente projetada e desenvolvida pelo homem.

### LASERS E MASERS

O maser e o laser são dois dispositivos relativamente novos usados para gerar energia eletromagnética coerente na faixa de freqüências entre a região de microondas e o espectro da luz visível. Antes da descoberta das técnicas de maser e laser, a geração de ondas coerentes na região de microondas e luz visível estava restrita pelo tamanho físico relativamente grande dos componentes ativos. Na tecnologia maser os componentes ativos são átomos e elétrons, e as freqüências que podem ser usu-

almente controladas são determinadas pela estrutura atômica da matéria. Até agora não há, aparentemente, limite para as freqüências que podem ser conseguidas por estas técnicas.

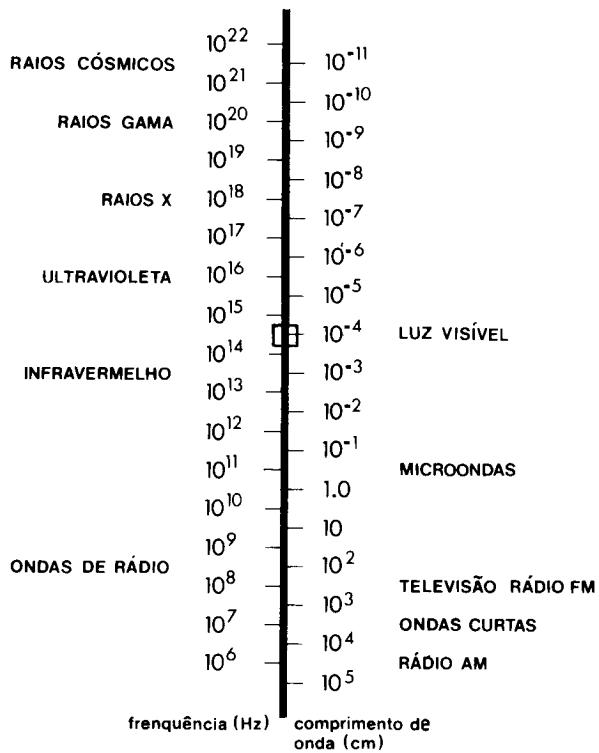
O maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) foi o primeiro dos dispositivos de eletrônica quântica. A operação de um maser pode ser considerada em termos de níveis de energia. O elemento ativo no maser, tem níveis de energia que são característicos do material em particular. Quando uma fonte de energia externa é aplicada sobre o material, alguns de seus átomos absorverão uma parte desta energia, e o átomo mudará para um estado de energia mais alto.

Este é chamado de estado de energia excitado, e é em essência, um estado instável, uma vez que os átomos do material têm uma tendência a retornar a seu nível não-excitado (anterior). Quando retornam, eles produzem uma saída de energia na forma de radiação eletromagnética. A freqüência da saída depende do material que está sendo excitado; se este processo foi arranjado para ocorrer sob circunstâncias controladas em um circuito ressonante, a onda de saída será coerente.

### Um maser que emite luz: o laser

O desenvolvimento do maser, levou ao maser óptico, ou la-

## Composição do Espectro Eletromagnético



ser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). O laser tem permanecido como um importante desenvolvimento eletro-óptico, que provavelmente já ultrapassou o maser em importância. Como um dispositivo eletrônico novo ele tem importantes aplicações em comunicação espacial, pesquisa de materiais, física atômica, fenômenos ópticos básicos, cirurgias localizadas e outras em constante desenvolvimento. Essencialmente diz-se que o laser é «bombeado» por uma intensa energia luminescente na região de absorção de um material laser. A saída é um feixe muito concentrado de luz co-

rente. Diz-se que o material é laser quando ele faz parte de uma lista de materiais que foram investigados e que podem ser usados em aplicações de masers e lasers.

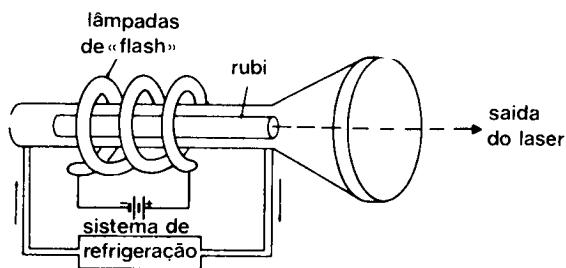
Uma definição simples de laser poderia ser: «um corpo emitindo luz com realimentação para amplificar a luz emitida». Como exemplo, vamos estudar um emissor de luz elementar feito com uma barra de rubi. O rubi é composto de óxido de alumínio com uma pequena porcentagem de cromo. Quando iluminada por uma luz de alta intensidade, a barra fluoresce com uma cor vermelha, de comprimento de onda

6943 angströms. A fluorescência persiste enquanto a luz incidente persistir. Este efeito no entanto não é a ação laser, e não é coerente.

Na radiação laser, as extremidades da barra de rubi são extremamente polidas, de maneira que a luz a atravesse quase sem absorção. Também um espelho é colocado em cada extremidade e alinhado perpendicularmente ao eixo principal da barra. Quando esta é iluminada com um «flash» de luz, ela emite uma luz fluorescente que é refletida entre os dois espelhos com um acréscimo de intensidade. Este fenômeno, conhecido como amplificação de luz, é produzido pela oscilação da luz do rubi dentro de uma cavidade de ressonância óptica formada pela barra e as duas superfícies refletoras dos espelhos.

Durante a iluminação (bombamento óptico) da barra de rubi, alguns átomos de cromo ficam excitados. Isto fará com que alguns de seus elétrons se movam para níveis de energia mais altos, dos quais eles espontaneamente voltarão a seu estado normal. Durante essa transição, como já foi visto, cada um desses elétrons emitirá um «pacote» de energia, ou «fóton» de luz. Estes fótons oscilaram pela reflexão provocada pelos espelhos da cavidade de ressonância. No seu caminho pela cavidade, encontrarão ou colidirão com outros átomos excitados e interagirão com eles, produzindo mais fótons idênticos em energia e freqüência. Os novos fótons continuam interagindo com outros átomos e assim por diante. Os espelhos das extremidades têm porcentagens de reflexão diferentes. Um deve refletir perto de 100% da radiação e o outro deve ter uma porcentagem menor para que parte da energia escape da cavidade. Este feixe de energia que escapa, é conhecido como emissão estimulada de radiação laser, onde ondas de fótons são projetadas em fase, resultando num feixe concentrado e coerente de luz — laser.

Um sistema de laser de rubi



Há quatro tipos de lasers usados em diversos sistemas de aplicação:

1 — **Lasers tipo barra de estado sólido:** usam materiais como rubi, vidro dopado com neódio, e neódio-YAG (ítrio-alumínio-silicato), nos quais a estimulação é a mesma para todos.

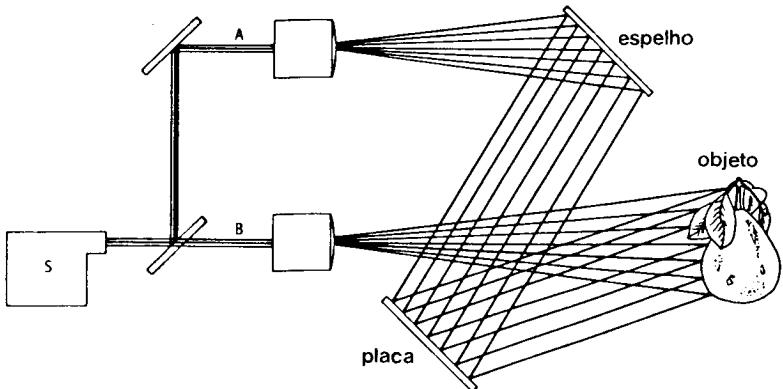
2 — **Lasers a gás:** usam gases como hélio-neon, argônio, dióxido de carbono, nitrogênio e xenônio. Neste tipo de laser, a estimulação ocorre pela passagem de uma corrente através do gás. A corrente faz com que o gás se ionize e irradie.

3 — **Lasers tipo líquido:** consistem de soluções como cumarina, rodamina vermelha, etc. Neste tipo os materiais lasers líquidos são estimulados para emissão com um outro feixe laser, como o de um rubi, neódio-YAG, ou dióxido de carbono.

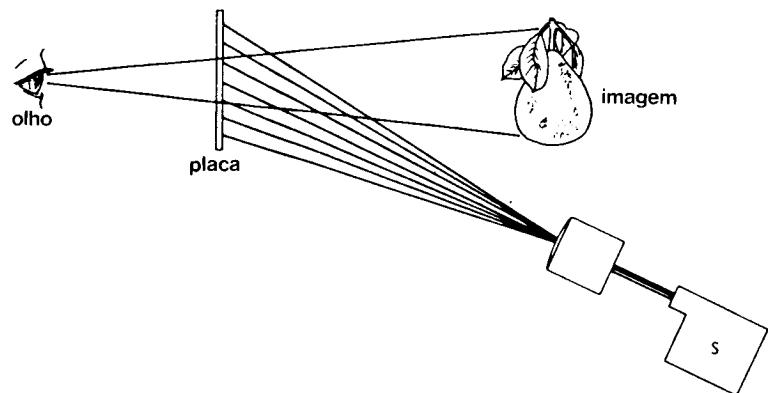
4 — **Lasers tipo diodo semicondutor:** constituem-se de materiais como arseniato de gálio com uma junção PN formada por um material tipo P e outro tipo N. Neste tipo de laser o estímulo ocorre pela passagem de corrente através da junção PN.

Uma vez que a radiação é a mesma, como qualquer radiação eletromagnética no espectro entre o ultravioleta e o infravermelho afastado, os mesmos princípios ópticos que governam a luz visível aplicam-se ao raio laser. Por exemplo, um raio laser pode ser refletido, colimado, refratado, polarizado e fracionado por meio de divisores de feixe, do mesmo modo que um feixe de luz comum. Também o raio laser pode ser divergido ou convergido por meio de lentes. De acordo com isso, onde quer que uma aplicação de laser seja discutida, ele deve ser tratado opticamente como um raio de luz qualquer, com exceção de que um raio laser é uma radiação cocente e dita ser alguns milhões de vezes mais intensa que os raios de sol sobre a superfície da Terra. Portanto, deve-se ter conhecimento dos perigos físicos e ópticos existentes quando se está lidando com lasers. Por

Produção da imagem holográfica por dois raios lasers



Reconstrução da imagem holográfica



exemplo quando se está operando um equipamento laser, olhar diretamente ao raio ou às suas reflexões, deverá ser evitado.

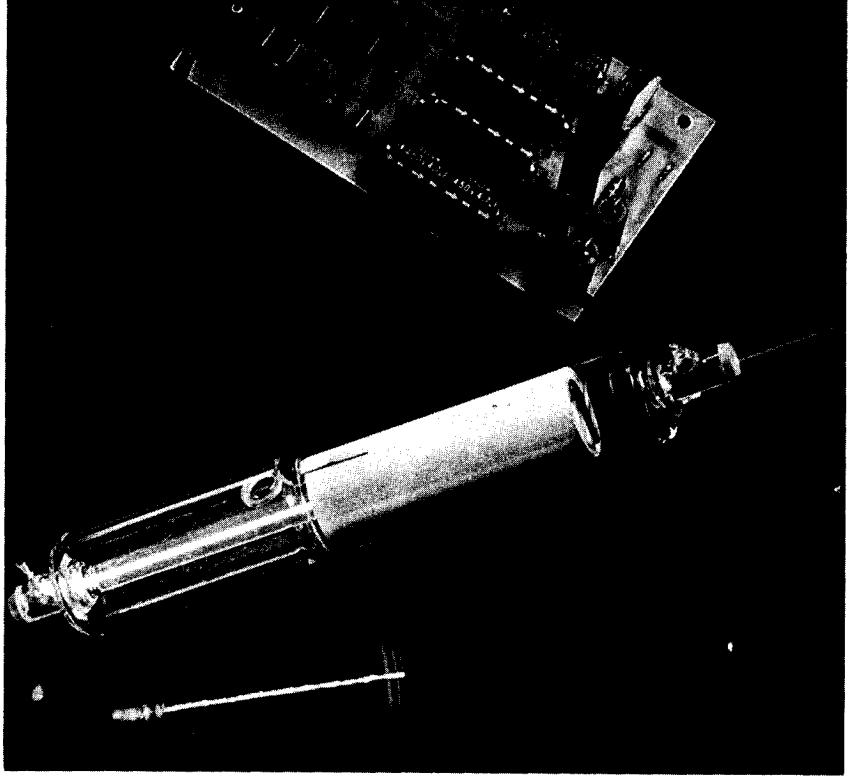
#### O laser em diversos campos da ciência

Os cientistas já contam com o laser como uma importante ferramenta de laboratório. Seu uso comercial também já está sendo bastante incrementado. Seu emprego em laboratório é importante pela possibilidade de produção de energia luminescente de intensidade e pureza sem precedentes e prontamente focalizada. Um laser pode concentrar um feixe de extraordinária intensidade em um pequeno ponto especificamente, com o diâmetro de um fio de cabelo. Ainda mais, ele pode ser focalizado com a ajuda de um microscópio em uma pequena porção

de células biológicas e eliminar uma única célula infecta.

O laser tornou possível um novo tipo de fotografia — a holografia. A holografia é um processo fotográfico em que o laser é utilizado para produzir imagens tridimensionais, sendo dispensado o uso de lentes. Devido a sua pureza o laser pode ser usado para medir grandes constantes universais, como a velocidade da luz, mais precisamente do que nunca. Cientistas usam o laser também para explorar a estrutura molecular e o comportamento interno dos materiais.

Existem lasers de emissão contínua e pulsada. A potência de lasers contínuos pode chegar a algumas centenas de watts. Mas fantásticas emissões momentâneas de potência podem ser conseguidas com os lasers de emissão pulsada. A potência



de um pulso pode chegar a 100 milhões de watts.

As características de um raio laser de alta potência abriram

um novo campo de experiências e estudos na física de alta temperatura. Lasers que emitem pulsos curtos de luz extrema-

mente intensa já são focalizados sobre blocos de carbono para gerar temperaturas de milhares de graus Celsius. Estes lasers são usados para testar materiais como cerâmica e ligas que podem resistir a temperaturas extremamente quentes. Podem ser usados ainda para soldar sem afetar áreas adjacentes, ou em pontos que não podem ser atingidos por métodos convencionais, por exemplo eletrodos quebrados no interior de uma válvula, circuitos integrados, etc; para alinhamento óptico ou de estruturas; para medir distâncias; para localizar e medir a velocidade de satélites; para controle de qualidade em testes não-destrutivos; como radar e veículo de recepção; para eliminar tumores e operar em tecidos ou órgãos delicados; etc. Tudo isso sem nos aprofundarmos nas aplicações militares e no seu crescente uso no setor das comunicações.

## CASA DEL VECCHIO



### O SOM MAIOR

**EQUIPAMENTOS P/ SALÕES, BOITES,  
FANFARRAS E CONJUNTOS MUSICAIS.**



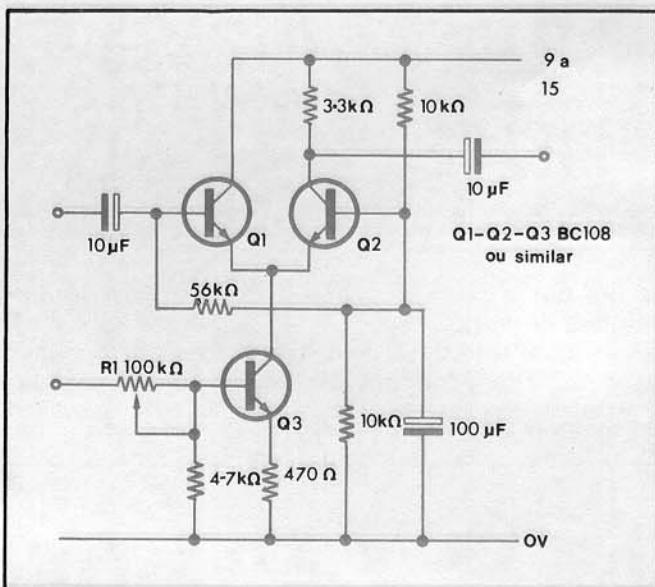
Comércio e Importação de Instrumentos Musicais  
**RUA AURORA, 185 — S. PAULO-SP — C. POSTAL 611**  
**TEL.: 221-0421 — 221-0189**

# Sugestões da Nova Eletrônica

## *Não está nos livros!*

### VCA DE BAIXO CUSTO

O amplificador de tensão controlada, é comparativamente muito mais barato que o MFC 6040 mas com um desempenho próximo deste. Este é certamente muito superior ao VCA de FET ou diodo e tem somente um pouco mais de complexidade. Q<sub>1</sub> e Q<sub>2</sub> formam um diferenciador, com a corrente determinada pela fonte de corrente Q<sub>3</sub>. Esta corrente é controlada pela tensão aplicada à base de Q<sub>3</sub>, em geral de modo exponencial. O sinal é aplicado à base de Q<sub>1</sub> e obtido no coletor de Q<sub>2</sub>. R<sub>1</sub> fixa a variação de atenuação de tensão do circuito e é com efeito, o controle da entrada.



### REFERÊNCIA PARA AFINAÇÃO DE GUITARRA

O principal componente do circuito é o temporizador 555, utilizado nesta montagem como astável, para produzir uma nota de referência, para afinação de guitarras.

A freqüência utilizada é determinada pela fórmula:

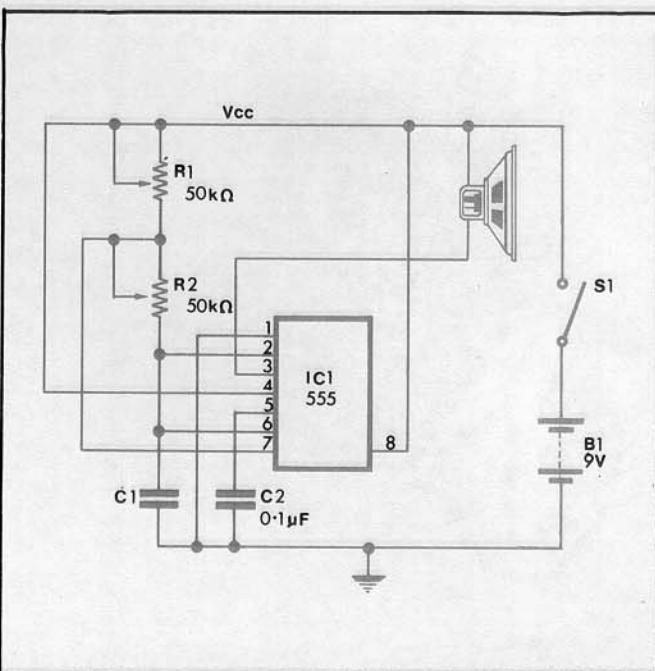
$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)C_1} \quad \text{ou} \quad C_1 = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)f}$$

onde  $f = 164,81$  Hz para E baixo e  $659,78$  Hz para E alto.

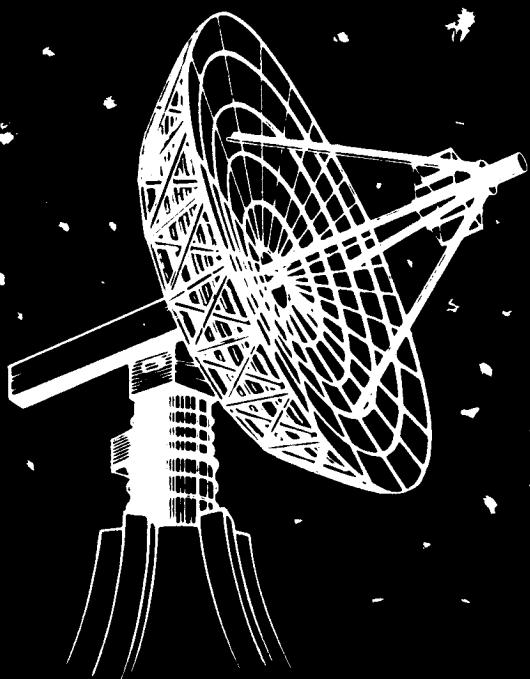
Um E alto pode ser a melhor escolha, com as harmônicas fora da faixa da audição humana.

Tomando o valor nominal de  $30\text{ K}\Omega$  para R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, para dar aproximadamente um ajuste central, o valor de C<sub>1</sub> seria de  $24,2\text{ nF}$  para E alto e  $97\text{ nF}$  para E baixo, usando a fórmula citada.

O circuito é razoavelmente estável, e operará a partir de uma alimentação na faixa de 4,0 a 15 volts. Com o tempo controlado por R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>, a unidade poderá ser calibrada usando um osciloscópio ou um freqüencímetro através dos terminais de saída do 555.



# A RADIOASTRONOMIA, ESSA MISTERIOSA



1.ª PARTE

**Se perguntassemos a um homem do povo o que é a radioastronomia, e para que serve, ele provavelmente saberia responder a primeira pergunta com certa clareza, caso fosse razoavelmente bem informado, mas hesitaria na segunda.**

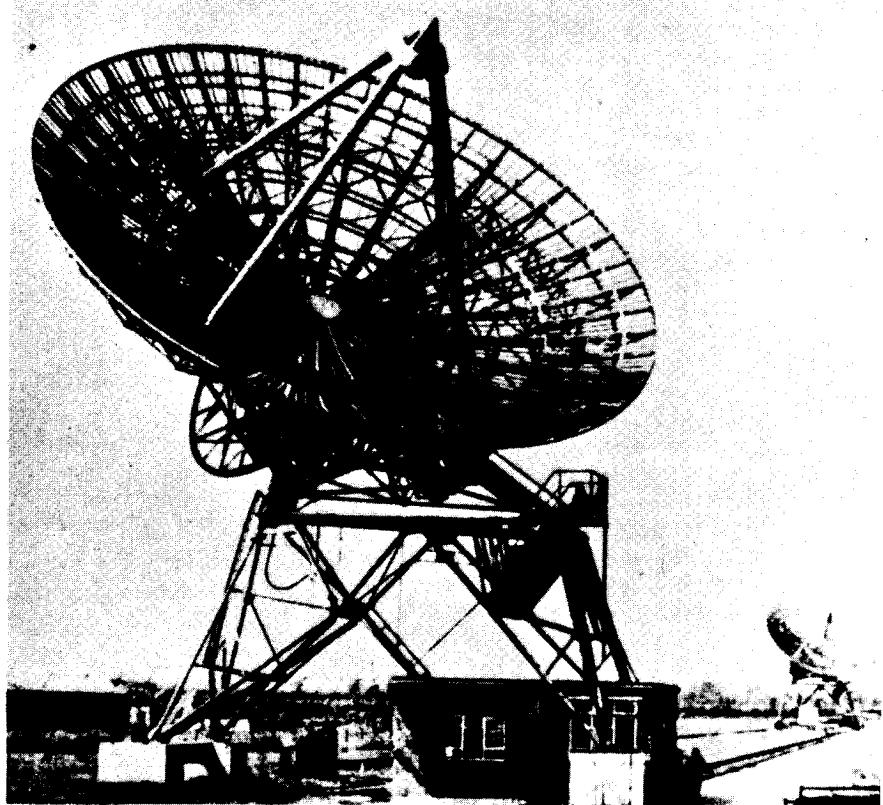
**Por outro lado, sabemos que, nos ambientes científicos de pesquisa, as informações se sucedem rapidamente, sem descanso, e o que chega até algumas revistas especializadas é resultado de anos de estudo, efetuado por equipes de cientistas, auxiliados por meios válidos de pesquisa.**

**Para fazer chegar aos leigos os resultados encontrados nesses ambientes de pesquisa, a solução é divulgá-los em revistas não especializadas em radioastronomia, que tenham um maior acesso ao público em geral e que informem de um modo mais simples e agradável. É o que vamos tentar realizar nesta série de artigos, que se inicia a partir deste número.**

GERLANDO SCÓZZARI

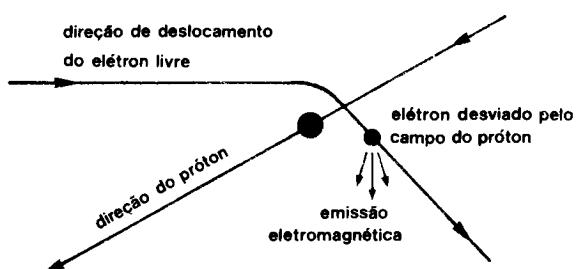
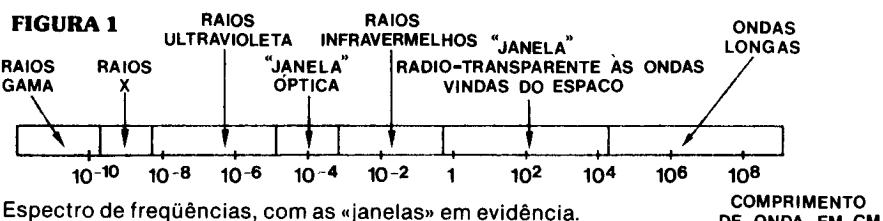
A radioastronomia, atualmente a ciência primária para o estudo do espaço que nos rodeia, está demonstrando sua utilidade, graças aos poucos, mas eficientes centros de escuta. Esta ciência talvez nos possibilite, dentro em breve, tomar conhecimento e desfrutar de novas fontes de energia, estudando os mistérios que envolvem a matéria estelar, com seus corpos extraordinários e sua idade inimaginável.

Os radiotelescópios que sondam o espaço «ouvem» o passado das profundezas cósmicas; dizemos passado, porque tudo aquilo que recebemos do universo aconteceu há milhares, milhões ou bilhões de anos atrás, pois, considerando as enormes distâncias que separam os astros e que a velocidade da luz e das ondas eletromagné-



Visão de dois dos três reflectores parabólicos, de 18 m de diâmetro, do Mullard Observatory, pertencente à universidade de Cambridge. Um dos três (o central) está montado sobre trilhos, de modo a ser deslocado em direção de um ou de outro.

Esses radiotelescópios possuem «abertura sintetizada» e, graças à coordenação de um computador, que sintetiza os sinais recebidos, pode-se obter resultados equivalentes aos de um telescópio de 1500 metros de diâmetro. Com esse instrumento, realizaram-se pesquisas dos sinais emitidos pelas Pulsars da parte setentrional do céu, com a exata localização das mesmas.



**FIGURA 2**

ticas é de «apenas» 300 000 km/s, somos capazes de ver ou escutar apenas o que já aconteceu há muito tempo nos objetos estrelares em exame.

As estrelas mais próximas de nós, além do Sol, são ALPHA e PROXIMA CENTAURI, e sua luz emprega 4 anos para chegar até nossos olhos. As galáxias mais distantes estão além dos 35 milhões de anos-luz, como a M87-NGC4486, que é uma formidável fonte de sinais, situada na constelação da Virgem A.

As primeiras observações do espaço remontam à época das antíquissimas civilizações sul-americanas e egípcia. Contudo, a primeira escuta de sinais vindos do espaço aconteceu somente em nossos dias, entre os anos de 1931/32, quando Karl Jansky, um jovem engenheiro eletrotécnico empregado nos laboratórios da Bell Telephone americana, afirmava ter recebido, sem sombra de dúvida, sinais galácticos na freqüência de 14 a 21 MHz (o que hoje em dia seria quase impossível, pelo fato de que esta faixa de freqüências está agora ocupada por interferências geradas pelas ignições dos veículos).

Jansky estava certo de sua descoberta, isto é, de que os sinais que recebia eram provenientes de fora do sistema solar, porque o ruído residual de seu antiquado receptor aumentava em intensidade a cada 23 horas e 56 minutos, ou seja, antecipava-se 4 minutos por dia, o que corresponde exatamente ao tempo sideral e não àquele solar. Esse detalhe lhe deu a certeza de estar captando sinais vindos do espaço, provavelmente enviados pela grande fonte que é o centro de nossa galáxia, a Via Láctea.

Se quisermos saber porque alguns sinais são recebidos do espaço, enquanto outros sofrem reflexão, devemos dar uma olhada no espectro de freqüências, que coloca em evidência as chamadas «janelas», pelas quais algumas freqüências conseguem

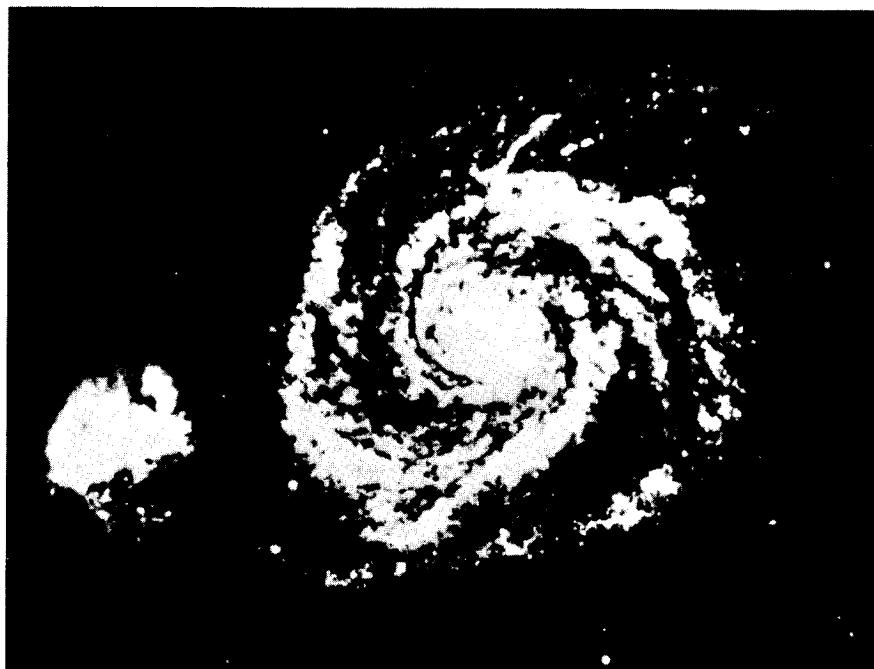
passar pelas faixas ionizadas que circundam nosso planeta (veja a figura 1).

Os menores comprimentos de onda são geralmente influenciados pela atividade da estrela mais próxima, ou seja, o Sol, enquanto aqueles sinais que possuem um comprimento de onda entre 50 a 1 cm passam praticamente sem atenuação, mesmo se ocorrerem fortes emissões de energia por parte do Sol.

Neste ponto, para podermos explicar com clareza como esses sinais galácticos ou extra-galácticos são produzidos, tentaremos descrever, utilizando apenas alguns fundamentos de física teórica, os princípios conhecidos e aceitos sobre a formação desses potentes campos eletromagnéticos.

Nesta primeira parte, falaremos de dois dos três efeitos conhecidos, deixando de lado, propósitadamente (para despertar a curiosidade e não confundir os iniciantes nesta matéria), o assunto mais interessante e mais importante: os objetos estelares mais distantes e as nebulosas extra-galácticas e também os sinais provenientes do hidrogênio neutro, que possuem precisamente a freqüência de 1420,403 MHz.

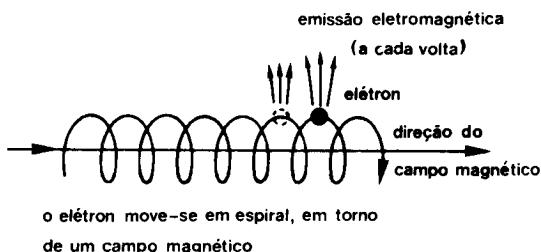
A emissão térmica ou transição «livre-livre» (figura 2) — É o sistema mais utilizado pelas estrelas, para fazer-nos ouvir sua voz e conhecer sua estrutura. Esse fenômeno ocorre quando, em uma massa gasosa a altíssimas temperaturas (hidrogênio ionizado), os elétrons, que estão livres e independentes do próprio núcleo (próton), viajam sob excitação energética e passam próximos aos núcleos, interagindo com os mesmos (devido às cargas elétricas contrárias) e sendo desviados de sua trajetória, mas sem entrar em órbita, em torno dos núcleos. Nesse mesmo instante, libertando-se da força de atração dos prótons, cada um dos elétrons emite um sinal de largo espectro, e cuja



Esta galáxia em espiral, denominada M51-NGC 5194, ligada, por um dos braços, à galáxia irregular NGC 5195, pode ser comparada à nossa Via Láctea, principalmente no que se refere à forma espiral com formação de braços.



Detalhe central da galáxia elíptica M87, cuja denominação exata é M87-NGC 4486 (Virgem A). Este estranho aglomerado de estrelas tem 3000 anos-luz de comprimento e está a 35 milhões de anos-luz de nosso sistema solar. Ela se encontra no centro de uma galáxia de cerca de 100 000 anos-luz de expansão, de um extremo a outro. E, naturalmente, todo o conjunto é uma potente fonte de sinais.



**FIGURA 3**

amplitude depende das velocidades relativas do elétron e do próton, naquele momento, da distorção angular do elétron livre e das distâncias relativas das partículas que interagem.

Este fenômeno se verifica na superfície do nosso Sol, assim como em seu interior.

**A radiação de sincrotron** (figura 3) é assim chamada devido ao fato de ter sido observada, pela primeira vez, em acelerado-

res de partículas do mesmo nome, os sincrotrons. Nesses aparelhos enormes, que a física colocou à disposição dos cientistas, para o estudo aprofundado do mundo infinitamente pequeno, são acelerados, a velocidades vertiginosas (próximas à da luz), feixes de elétrons, sob a ação de campos magnéticos fortíssimos, que formam anéis de vários metros de circunferência. Nessas condições, o elétron não tem movimento retilíneo, mas

desenvolve, enquanto se move, uma espiral bastante estreita e, girando em redor de um eixo imaginário, determinado pela interação dos fortes campos magnéticos presentes, ele vai emitir, a cada volta da espiral, sinais de uma estreita faixa, que se estende desde os 50 cm, até 1 cm de comprimento de onda.

• Na natureza, essa radiação, que aparece «misturada» à emissão térmica, tem lugar em praticamente qualquer ponto do espaço, onde existam fortes campos magnéticos em ação. Pode ser encontrada especialmente (além da nossa galáxia) nos corpos quase-estelares, denominados QUASARS, que são constituídos por um aglomerado de estrelas, ou galáxias em colisão, e emitem uma quantidade inimaginável de energia, mesmo fora do espectro dos sinais normais.

(Continua no próximo número.)

© Copyright CQ Elettronica

**ALFATRONIC**



**SEMICONDUTORES EM GERAL  
CIRCUITOS INTEGRADOS  
MICROPROCESSADORES**

**INTERRUPTORES DE ALAVANCA  
BOTÕES MINIATURA,  
THUMBWHEELS DE ALTA QUALIDADE  
MONTADOS NO BRASIL**



**HAMLIN**

**INTERRUPTORES  
ELETROMAGNÉTICOS  
REED SWITCHES.**

# Captador Magnético para o Tacômetro Digital

No nosso «kit» do novo tacômetro digital, lançado na revista n.º 7, foi deixado em aberto um terminal na entrada do aparelho. O sinal para a contagem do número de giros do motor era tirado diretamente do platinado, partindo-se do princípio de que este se abre e fecha, numa quantidade de vezes proporcional aos giros do motor. Assim temos na saída do platinado uma tensão alternada de freqüência igualmente proporcional à rotação do motor, em função do tempo. Há entretanto, uma outra maneira de «sentir» a rotação do motor, que foi pesquisada pela nossa equipe de laboratório, a qual você poderá recorrer com o aproveitamento daquele terminal suplementar da entrada de seu tacômetro digital.

Apresentamos este sensor apenas como uma sugestão, para utilização nos casos de dificuldade de acesso ao platinado e também como uma opção prática e segura na captação de um sinal para o contagiros. O captador ou «pick-up» magnético baseia-se no princípio da indução magnética em uma bobina, que envolve um fio onde está circulando uma corrente. Para seu esclarecimento observe a figura 1.

O «pick-up» magnético constitui-se de um núcleo de ferrite e uma bobina enrolada sobre ele, devendo-se passar o cabo de alta tensão do distribuidor no interior do núcleo. Este núcleo poderá ser toroidal ou de outro formato qualquer e dependendo de seu tamanho, deverá variar o número das espirais enroladas sobre ele. No nosso laboratório temos montado como modelo experimental, um captador magnético de núcleo toroidal, de diâmetro 1,4 cm, com uma bobina de nove espiras de fio esmalorado n.º 18 AWG. A figura 2 mostra o nosso «pick-up». Observamos

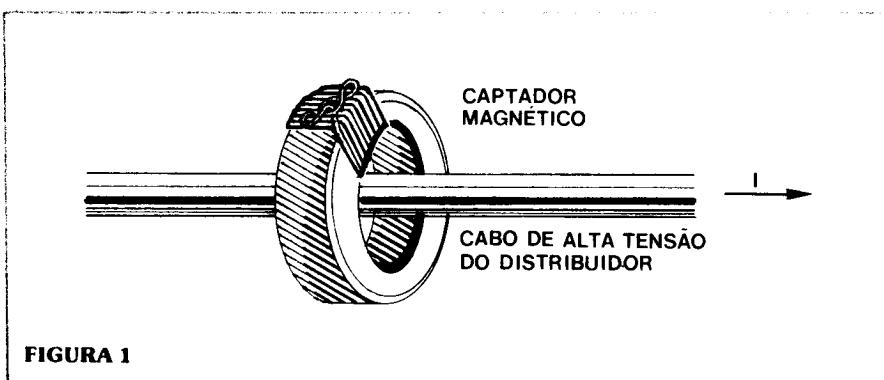
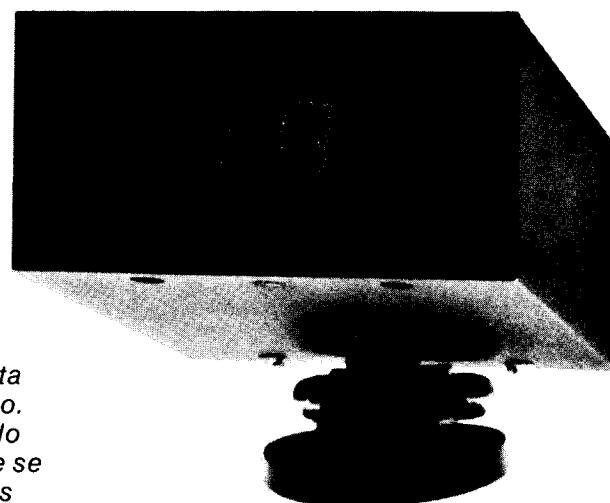
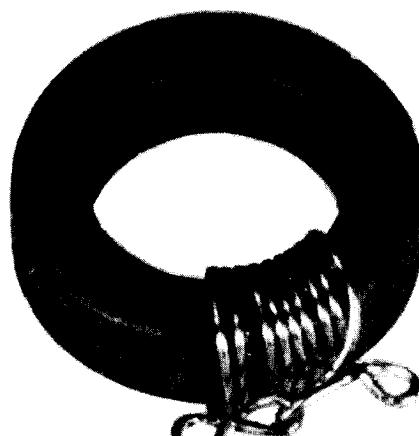


FIGURA 1

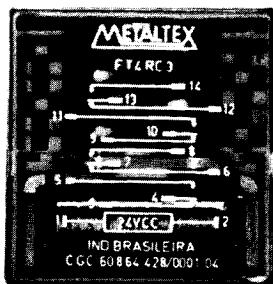


VISTA AMPLIADA DO NOSSO CAPTADOR

FIGURA 2

# RELÉ DE PERFIL EXTRA CHATO TIPO FT

METALTEX



Tamanho Natural

Especialmente desenvolvidos para utilização em chapas de circuito impresso, os relés da linha FT têm apenas 9,5 mm de altura, podendo comutar até 3A a 120 VCA para cargas resistivas.

Alta confiabilidade e pressão de contatos, baixa dissipação na bobina e resistência de contato de 0,05 ohms no máximo.

Contatos de prata especial, folheada a ouro. Vida mecânica de  $100 \times 10^6$  operações. Alta velocidade de comutação e resistência de isolamento mínima de 10.000 megohms.

Tipo	VCC	mA	Ohms	Contatos	Preço - Cr\$
FT2RC1	6	65	80		160,
FT2RC2	12	32	320	2 reversíveis	160,
FT2RC3	24	16	1200		160,
FT2RC4	48	8	4800		178,
FT4RC1	6	104	50		180,
FT4RC2	12	52	190	4 reversíveis	180,
FT4RC3	24	26	780		180,
FT4RC4	48	13	3100		198,
FT6RC1	6	161	32		200,
FT6RC2	12	82	125	6 reversíveis	200,
FT6RC3	24	42	480		200,
FT6RC4	48	21	1900		218,

Obs: Preços válidos até 30.06.78

Outras tensões mediante consulta.

Descontos especiais para quantidades.

## PRODUTOS ELETRÔNICOS METALTEX LTDA.

Av. Dr. Cardoso de Mello, 699

04548 - São Paulo, Brasil

Telefones: 240-2120, 61-2714, 241-7993, 241-8016

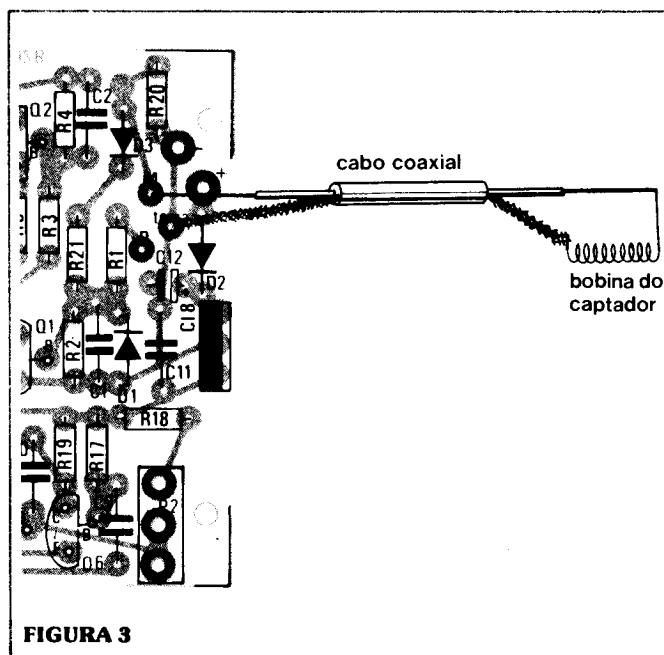


FIGURA 3

mais uma vez que a variação das características do núcleo de ferite, redundará necessariamente em uma modificação do número de espiras da bobina.

### Interligação com o Tacômetro Digital

Como já foi dito, o captador deverá ser instalado passando-se o cabo de alta tensão do distribuidor em seu interior. Providencie uma capa ou proteção para o captador e fixe-o no local que julgar mais conveniente. Aos terminais da bobina ligue um cabo coaxial que deverá fazer a conexão com o tacômetro. A ligação no tacômetro deve ser feita na placa de circuito impresso, soldando o «shield» ou blindagem do cabo coaxial ao ponto designado como terra e o fio central do cabo, ao terminal até então aberto, indicado pela letra M. A figura 3 mostra esquematicamente a ligação a ser feita.

A ligação de um captador magnético evitará a ligação sobre o platinado, no entanto, observe os cuidados sobre a relação entre o tamanho do núcleo e o número de espiras. Maiores detalhes e informações sobre a placa e o próprio Tacômetro Digital, você poderá conseguir consultando o fascículo n.º 7 da revista NOVA ELETRÔNICA, nas páginas 14 a 27.

# DECIBÉIS SIMPLIFICADOS

HERMAN BURSTEIN

Na literatura popular para audiófilos, os autores passaram direto pela tarefa de explicar o decibel (dB). Eles asseveraram que uma explicação completa envolveria logaritmos e seria, desta forma, técnica demais para estas páginas.

A isto, sou compelido a replicar: NEM TANTO! Em primeiro lugar, o decibel está bem dentro da faixa intelectual daqueles que lêem estas páginas; ele pode ser explicado e entendido sem recorrer a logaritmos ou outros conceitos matemáticos mais profundos que a multiplicação. Em segundo lugar, a compreensão do onipresente decibel é suficientemente importante para o audiófilo, para que lhe seja recusada uma explicação completa. Onde, numa discussão qualquer sobre especificações e desempenho de equipamentos de áudio, deixa de estar presente o decibel?

O significado essencial do decibel pode ser resumido em dois breves parágrafos, como os seguintes:

1 — O decibel denota uma relação entre duas quantidades de potência — potência elétrica ou acústica.

2 — O decibel repousa no conceito de multiplicação, como forma de partir de uma pequena magnitude (de potência) para uma grande magnitude (de potência). Adições sucessivas de decibéis indicam sucessivas multiplicações.

Se Henrique tem o dobro de dinheiro no banco do que Antônio, a relação entre suas respectivas contas no banco será igual a 2. Se José ganhar três vezes mais dinheiro este ano do que no ano passado, 3 será a relação entre sua capacidade de gastar este ano, contra a do ano passado.

Agora, conversemos a respeito de potência de áudio. Se o amplificador A pode produzir 10 vezes o número de watts que produz o amplificador B, a proporção entre as potências será 10. Se o amplificador C produz 50 watts a 1000 Hz, mas somente 20 watts a 30 Hz, a proporção

entre as potências será 2,5. A noção de uma proporção entre duas quantidades de potência é simples e fácil.

Partindo de um número pequeno, podemos chegar lentamente até um número grande pela soma. Desta forma, podemos chegar de 2 até 16, somando:  $2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 = 16$ . Ou, então, poderemos chegar mais rapidamente, multiplicando  $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ . No primeiro caso, estaremos somando repetidamente um fator constante: 2. No segundo caso, estaremos multiplicando repetidamente por um fator constante, também 2. Quando usamos o decibel, estamos multiplicando por um fator constante.

Especificamente, 10 dB significa multiplicação por um fator de 10. Cada degrau de 10 dB significa uma multiplicação por 10. Por exemplo, que significa 20 dB?

$20 \text{ dB} = 10 \text{ dB} + 10 \text{ dB}$ , que, portanto, significa  $10 \times 10$ , o que é igual a 100. Se o amplificador A pode produzir 10 dB mais que

o amplificador B, isto quer dizer que A pode produzir 10 vezes mais potência que B; resumindo, a proporção entre as potências é 10.

Se o som C é 20 dB mais alto que o som D, isto quer dizer que C está produzindo 100 vezes mais potência acústica que D e a proporção entre as potências é 100.

Este princípio simples, ainda que muito básico, pode ser colocado na forma da Tabela 1-A. De fato, podemos colocá-lo na forma de uma breve regra, que se aplica quando convertemos degraus de 10 dB em proporções de potências: para cada 10 dB, adicione um zero ao número 1.

**TABELA 1A — Transformação de decibéis em proporções entre potências, em degraus de 10 dB.**

Decibéis	Proporção entre potências
10	10
20	100
30	1.000
40	10.000
50	100.000
60	1.000.000
70	10.000.000
80	100.000.000
90	1.000.000.000
100	10.000.000.000
110	100.000.000.000
120	1.000.000.000.000

**Nota:** Para transformar dB em proporções entre potências, acrescente um zero ao número 1, para cada 10 dB.

Desta forma, 10 dB representam uma proporção de potências igual a 10; 20 dB representam uma proporção de potências igual a 100; 30 dB representam uma proporção de potências igual a 1000, etc.

(Um outro termo, pouco usado, para 10 dB é «1 bel». Este, foi criado em 1928 em honra a Alexandre Graham Bell.)

Que proporção de potências representa 1 dB? A resposta é 1,26 (mais exatamente, 1,25893). A explicação vem a seguir.

Tenha em mente que o decibel representa um processo de sucessivas multiplicações:

100 dB são produzidos por 10 degraus de 10 dB cada; consequentemente, uma proporção de 10.000.000 é produzida por 10 sucessivas multiplicações por 10. De maneira análoga, 10 dB são produzidos por 10 degraus de 1 decibel cada; da mesma forma, uma proporção de 10 é produzida por 10 sucessivas multiplicações por 1,26. (Se tiver dúvidas, use uma calculadora por alguns minutos, para conferir o resultado de 10 sucessivas multiplicações por 1,25893.)

Nosso conhecimento sobre o significado de 1 dB pode ser

**TABELA 1B — Transformação de decibéis em proporções entre potências, em degraus de 1 dB**

Decibéis	Proporção entre potências
1	1,26
2	1,58
3	2,00
4	2,51
5	3,16
6	3,98
7	5,01
8	6,31
9	7,94
10	10,00

**Nota:** Cada proporção, exceto a primeira, é obtida pela multiplicação da proporção precedente por 1,26 (mais exatamente, por 1,25893).

colocado na forma da tabela 1B. Juntas, as Tabelas 1A e 1B nos permitem, de maneira completa, transformar decibéis em proporções de potência:

— Suponha uma proporção de 52 dB. A Tabela 1A mostra que 50 dB representam uma proporção de potências de 100.000, enquanto que a Tabela 1B mostra que 2 dB representam uma proporção de potências de 1,58. Somar decibéis significa estamos multiplicando entre si as correspondentes proporções de

potências. Desta forma, teremos:

$52 \text{ dB} = 50 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 100.000 \times 1,58 = 158.000$ . Resumindo: 52 dB representam uma proporção de potências de 158.000.

— Suponha uma proporção de 47 dB:

$47 \text{ dB} = 40 \text{ dB} + 7 \text{ dB} = 10.000 \times 5,01 = 50.100$  (relação de potências).

— Suponha uma proporção de 134 dB. Isto excede os limites da Tabela 1A. No entanto, a Tabela, em sua nota na parte inferior, estabelece que a cada 10 dB, adicionamos um zero ao número 1. Desta forma,  $134 \text{ dB} = 130 \text{ dB} + 4 \text{ dB} = 10.000.000.000.000 \times 2,51 = 25.100.000.000.000$  (proporção entre potências).

Note como é útil o decibel para expressar de maneira succincta relações de potências muito altas. No exemplo precedente, «134 dB» é uma forma muito mais compacta de expressão do que «uma proporção de ..... 25.100.000.000.000».

### **EXEMPLOS DO USO DOS DECIBÉIS.**

— Foi estabelecido, através de medições, que a faixa dinâmica de uma orquestra sinfônica é de mais ou menos 110 dB. Isto mostra a proporção entre as mais fortes e as mais fracas passagens executadas. A proporção correspondente é de ..... 100.000.000.000!

— Um gravador de rolo, tem sua relação sinal/ruído (S/N ratio) estabelecida em 63 dB. Especificamente, se um tom de 400 Hz é gravado a um nível que resulta em 3% de distorção harmônica na fita, então, na reprodução, o sinal de áudio desejado estará a 63 dB acima do ruído indesejável do sistema de gravação por fita.

63 dB denotam uma proporção entre potências de 2.000.000. (Em gravadores de rolo de baixo preço, relações sinal/ruído de 50 dB não são incomuns. O ruído tende a ser muito perceptível em tais gravadores, mesmo quando o sinal de áudio contém 100.000

vezes mais potência que o ruído.)

— A resposta a freqüências de um alto-falante é dada como sendo de —7 dB a 30 Hz, relativamente a 1.000 Hz. Se iguais quantidades de potência elétrica forem fornecidas ao alto-falante a 30 e a 1.000 Hz, a potência acústica produzida pelo alto-falante estará 7 dB abaixo, a 30 Hz. (Posto de outra forma, ele produzirá 1/5 da potência, a 30 Hz, em relação ao que produziria a 1.000 Hz).

— Discos fonográficos contêm um grande incremento de agudos. A equalização fonográfica pelo padrão RIAA requer do amplificador reproduutor o fornecimento de uma compensação que reduza os agudos na mesma proporção começando ao redor de 2.100 Hz, e aumentando linearmente (a redução dos agudos) daí em diante. Uma tabela ou gráfico mostra o corte ou redução de agudos atingindo aproximadamente 14 dB a 10.000 Hz. Em termos de potência elétrica ou acústica, isto quer dizer aproximadamente 25 vezes mais potência a 1.000 Hz do que a 10.000 Hz; ou posto de outra forma, 1/25 da potência a 10.000 Hz, em relação a 1.000 Hz.

## QUÃO PERCEPTÍVEL AO OUVIDO É 1 dB?

Para a maioria dos programas musicais, como rock, pop, ou música clássica, um incremento na potência igual a 1 dB (de 1,26 vezes o nível original) tende a ser inaudível. Tem sido observado que o volume precisa ser aumentado ao redor de 3 dB para que o ouvido humano tenha uma impressão definida de um aumento em audibilidade. Ainda assim, um aumento de volume de 3 dB produz apenas um **pequeno** aumento na audibilidade aparente.

Mesmo assim, 3 dB representam uma duplicação da potência. A lição a se tirar daí é que grandes incrementos na potência são requeridos, para produzir substanciais incrementos na audibilidade aparente. Se considerarmos um amplificador de 30

watts como não tendo potência suficiente, e substituirmos esse amplificador por outro, de 60 watts, de qualidade igual, poderemos conseguir apenas um pequeno aumento no máximo nível sonoro que não tenha distorção audível. Para uma elevação substancial no nível sonoro, deveremos passar para um amplificador de 300 watts ou mais. Isto permitiria um aumento no nível sonoro de 10 dB, o que, ainda assim, não permitiria um «grandioso» resultado na audibilidade aparente. Um incremento de 10 dB parece, ao ouvido humano, mais como uma duplicação no nível sonoro do que como uma multiplicação por dez.

O decibel descreve apropriadamente como o ouvido humano responde a mudanças no nível acústico. O ouvido interpreta incrementos iguais em decibéis como incrementos aproximadamente iguais na audibilidade aparente. Partindo de 1 watt para 2, de 2 para 4 e de 4 para 8, em cada caso um incremento de 3 dB ou duplicação da potência, há um aumento de audibilidade que se processa em passos aparentemente iguais. Mas, partindo-se de 1 watt para 2, de 2 para 3, de 3 para 4, em cada caso, um incremento de 1 watt resultará em um incremento aparentemente cada vez menor, na audibilidade. Um incremento de 3 watts para 4, poderia muito bem ser inaudível. Não muito depois, um incremento de 2 watts seria também inaudível; posteriormente, um de 5 watts, etc.

## DECIBÉIS NEGATIVOS

Algumas vezes, os decibéis são apresentados como números negativos. Por exemplo, uma especificação sobre um amplificador poderia assinalar que o ruído estaria a —70 dB, para fontes de alto nível de sinal, na entrada (tais como um sintonizador de FM). O número negativo meramente indica que estamos comparando a potência menor com a potência maior, ao invés de fazer como nas vezes anteriormente apresentadas. Em

nossa exemplo, somos informados que o ruído produzido pelo pré-amplificador está 70 dB abaixo do nível do sinal de áudio desejado. 70 dB significam uma proporção de potências de ..... 10.000.000 entre o sinal de áudio e o ruído. —70 dB significam que a potência do ruído está a 1/10.000.000 da potência do sinal de áudio.

Uma outra maneira de ver o decibel negativo é considerar esse decibel como representação de uma divisão, e não de uma multiplicação. Se 10 dB significam multiplicar por 10, então, —10 dB significariam dividir por 10, de maneira que a potência é reduzida a 1/10 de seu nível original. No exemplo anterior, —70 dB significam que, para chegarmos ao nível da potência do ruído, deveremos dividir a potência do sinal de áudio por 10.000.000.

## PROPORÇÕES ENTRE TENSÕES

Estivemos estudando a potência acústica produzida pelo alto-falante e, anteriormente, a potência elétrica produzida pelo amplificador. Percebemos, portanto, que, para o audiófilo, é interessante, em primeiro lugar, compreender o relacionamento entre decibéis e proporções ou relações de potências. No entanto, nos primeiros estágios da cadeia de equipamento sonoro (sintonizador, gravador de rolo, pré-amplificador, etc.) as considerações e medições tendem a ser mais aplicadas no que diz respeito às tensões do que no que diz respeito às potências. Conseqüentemente, surge a necessidade de interpretar os decibéis em termos de proporções entre tensões, particularmente no trabalho técnico e de engenharia, mas também no trabalho do audiófilo, que monta seus kits ou de outra maneira qualquer, «mexe» com equipamento.

A potência elétrica envolve ambas, tensão e corrente: potência = tensão  $\times$  corrente. Quando a tensão aumenta, a corrente tende a aumentar proporcional-

mente. Se a tensão é duplicada, a corrente também duplica. No entanto, a potência subirá quatro vezes, já que  $2 \times 2 = 4$ . Isto ilustra um fenômeno básico: a potência varia com o quadrado da variação na tensão. Desta forma, se a tensão aumenta de um fator de 10, a potência aumenta de um fator de 100 — o quadrado de 10. Conseqüentemente, um incremento na tensão é a raiz quadrada do incremento na potência. Se a potência aumenta 16 vezes, a tensão aumentará quatro vezes. (Tudo o que se segue presume que não existirão outras mudanças no circuito elétrico.)

Suponhamos um incremento de 20 dB na potência, represen-

**TABELA 2A — Transformação de decibéis em proporções entre tensões, em degraus de 20 dB.**

Decibéis	Proporção entre tensões
20	10
40	100
60	1.000
80	10.000
100	100.000
120	1.000.000
140	10.000.000
160	100.000.000
180	1.000.000.000
200	10.000.000.000

**Nota:** Para transformar dB em proporções entre tensões, acrescente um zero ao número 1, para cada 20 dB.

tando uma proporção entre potências igual a 100. Mas, a proporção correspondente no incremento da tensão será a raiz quadrada de 100, apenas 10. Desta forma, a proporção de tensões, 10, corresponde a 20 dB. Quaisquer 20 dB corresponderão a uma multiplicação da tensão por 10. De maneira semelhante, se 1 dB representa uma proporção de potências de 1,26, 1 dB representa uma proporção de tensões de 1,12 (mais precisamente, 1,12202); 1,12 é a raiz quadrada de 1,26. Podemos colocar tudo

isto junto, nas Tabelas 2A e 2B, que nos permitem, de maneira completa, transformar decibéis em proporções entre tensões:

— Suponhamos uma proporção de 52 dB.

$52 \text{ dB} = 40 \text{ dB} + 12 \text{ dB} = 100 \times 3,98 = 398$  (proporção entre tensões).

— Suponhamos uma proporção de 135 dB.

$135 \text{ dB} = 120 \text{ dB} + 15 \text{ dB} = 1.000.000 \times 5,62 = 5.620.000$  (proporção entre tensões).

**TABELA 2B — Transformação de decibéis em proporções entre tensões, em degraus de 1 dB.**

Decibéis	Proporção entre tensões
1	1,12
2	1,26
3	1,41
4	1,58
5	1,78
6	2,00
7	2,24
8	2,51
9	2,82
10	3,16
11	3,55
12	3,98
13	4,47
14	5,01
15	5,62
16	6,31
17	7,08
18	7,94
19	8,91

**Nota:** Cada proporção, a não ser a primeira, é obtida pela multiplicação da proporção precedente por 1,12 ou, mais precisamente, por 1,12202.

### CONVERTENDO PROPORÇÕES (OU RELAÇÕES) EM DECIBÉIS.

Ordinariamente, o audiófilo trabalha mais convertendo decibéis em proporções entre potências equivalentes do que o inverso. No entanto, a conversão de proporções entre potências em decibéis pode facilmente ser realizada, usando-se as Tabelas 1A e 1B:

— Suponhamos uma proporção entre potências de 200. Qual é o número correspondente de decibéis? Em primeiro lugar, 200

$= 100 \times 2$ . Desde que uma proporção entre potências de 100 corresponde a 20 dB (Tabela 1A), e uma proporção de 2 corresponde a 3 dB (Tabela 1B), teremos que:  $200 = 100 \times 2 = 20 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 23 \text{ dB}$ .

— Suponhamos uma proporção entre potências de 12.000:

$12.000 = 10.000 \times 1,2 = 40 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 41 \text{ dB}$ . (Esta é uma resposta aproximada, e não uma resposta exata, porque 1 dB representa uma proporção entre potências de 1,26, e não 1,2. No entanto, este erro não é sério: a resposta exata seria 40,79 dB.)

De forma similar, poderemos converter proporções entre tensões em decibéis, usando as Tabelas 2A e 2B:

— Suponhamos uma proporção entre tensões de 700:

$700 = 100 \times 7 = 40 \text{ dB} + 17 \text{ dB} = 57 \text{ dB}$ . (A resposta exata seria 56,90 dB.)

### PRECISÃO DAS TABELAS

As Tabelas 1 e 2 permitem-nos transformar decibéis em proporções, e vice-versa, com suficiente precisão, para a maior parte das finalidades práticas. Suas dimensões compactas e facilidade de utilização, compensam pela pequena imprecisão que possa surgir.

No entanto, se o audiófilo insistir, poderá conseguir maior precisão com qualquer dos dois métodos seguintes: poderá obter e aprender a usar uma tábua de logaritmos, ou poderá construir tabelas similares às 1B e 2B, seguindo os mesmos princípios utilizados para construir essas tabelas, exceto que as novas tabelas serão feitas com degraus de 0,1 dB.

Para fazer o exposto acima, o audiófilo precisará equipar-se com uma calculadora que possa fazer multiplicação e notar dois itens essenciais de informação:

1 — Que 0,1 dB corresponde a uma proporção de potências de 1,023293; portanto 10 sucessivas multiplicações por

esse número resultarão em 1,25893 (a proporção entre potências correspondente a 1 dB).

2 — Que 0,1 dB corresponde a uma proporção entre tensões de 1,01158, de maneira que 10 sucessivas multiplicações por este número resultarão em 1,12202 (proporção entre tensões correspondente a 1 dB).

#### O DECIBEL ABSOLUTO.

Algumas vezes encontramos o decibel apresentado de uma forma absoluta; da mesma maneira que watts, volts, ampères etc, são medidas absolutas. Encontramos, por exemplo, a informação de que o nível sonoro em uma fábrica é de 90 dB quando esta é muito barulhenta, ou que o nível sonoro é de 110 dB em picos sonoros orquestrais, ou que é de 120 dB nos picos sonoros de música rock (ou durante boa parte da música...), ou ao redor de 45 dB em uma residência típica, etc.

De fato, o decibel não tem, realmente, uma característica

absoluta. Não se refere a um nível específico sonoro. Como foi exposto, o decibel se refere a uma proporção entre duas quantidades de potências.

Os dados que aparecem sobre níveis sonoros em lugares como residências, fábricas, etc, são baseados em uma relação ou proporção implícita, entre o nível sonoro citado e um nível padronizado como referência. O nível de referência é o nível sonoro mais baixo, ao limite da percepção pelo ouvido humano. A referência é uma onda sonora com uma intensidade de..... 0,000 000 000 000 1 watt por centímetro quadrado. Isto é, um décimo de um quatrilhão de um watt é apenas ligeiramente perceptível pelo ouvido humano.

Um nível sonoro de 90 dB, como na fábrica do exemplo, refere-se a uma potência acústica que é 1.000.000.000 vezes maior que o nível padrão de referência; em outras palavras, 0,000 000 1

watts por centímetro quadrado.

Um nível sonoro de 130 dB, que representa o limiar mais alto da audibilidade humana (níveis mais altos são sentidos ao invés de ouvidos), denotará 0,001 watt. Isto parece muito pouco e no entanto, uma exposição relativamente breve a um nível de 130 dB, como pode acontecer próximo a um avião a jato, ou em um assento próximo do palco, em um concerto de rock, pode destruir temporária ou permanentemente nossa audição.

#### O QUE QUER DIZER «0 dB»?

«0 dB» não significa a ausência de potência. Significa que a potência não foi alterada ou que duas quantidades de potência (diferentes de zero) são iguais.

Para indicar a ausência de potência, simplesmente assinalamos que a potência é zero. Decibéis não entram no jogo neste caso.

© Copyright revista Audio.

transigente

comércio de aparelhos  
eletrônicos ltda.

«KITS» NOVA ELETRÔNICA  
C-MOS, TTL, Lineares, Transistores, Diodos,  
Tiristores e Instrumentos Eletrônicos

OS MELHORES PREÇOS

CURITIBA-PR

av. sete de setembro, 3634  
fone: 24-7706

# **OS FILTROS MÉCÂNICOS TRABALHANDO PARA A SELETIVIDADE**

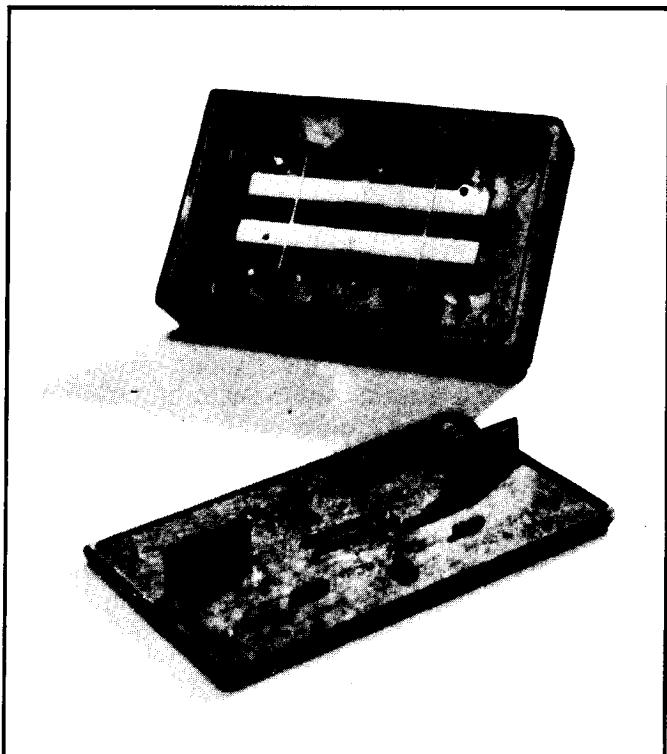
**Podem aprimorar sistemas onde a seletividade em alta freqüência, estabilidade e baixo custo são primordiais.**

ROBERT A. JOHNSON, COLLINS RADIO GROUP,  
ROCKWELL INTERNATIONAL CORP. NEWPORT  
BEACH, CALIF.

Proporcionar alta seletividade a custo moderado tem sido o trabalho que os filtros passa-banda mecânicos têm realizado silenciosamente durante 25 anos. Como substitutos dos grandes filtros «LC», em receptores AM, ou dos filtros a cristal de quartzo, nos receptores SSB, esses conjuntos de transdutores eletromecânicos e ressoadores mecânicos encontraram seu lugar.

Hoje, com aperfeiçoamentos nas técnicas de manufatura e melhores materiais, o filtro mecânico está crescendo em importância. Sob o ímpeto do menor custo e melhor desempenho, ele está se saindo cada vez melhor em aplicações tão diversas, como equipamento telefônico, sistemas de navegação, comunicação de dados e sistemas industriais, como controles automáticos à prova de falhas, para trens.

Nas freqüências de 2 a 60 kHz, os filtros mecânicos superam todos os outros tipos de filtros de muitas maneiras, especialmente para larguras de

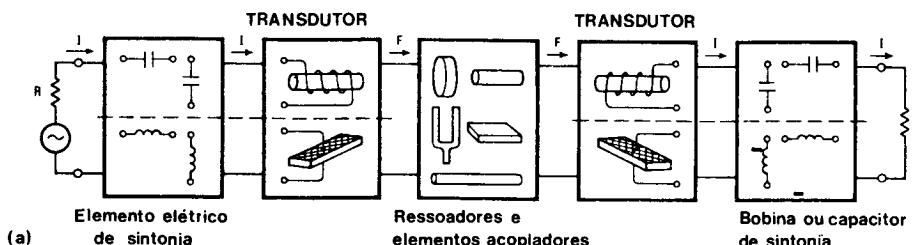


# RENOVAÇÃO EM FILTROS MECÂNICOS

Não importa como um filtro mecânico é construído, seu princípio de operação é sempre o mesmo. Um transdutor eletromecânico de entrada (a), aceita um sinal elétrico, convertendo-o em vibração mecânica da mesma freqüência. O transdutor pode ser piezoeletrico, feito de cristal ou cerâmica, ou pode ser magnetostritivo, feito de um fio de ferrite ou liga metálica. Com um transdutor piezoeletrico, o campo elétrico através do transdutor, entre seus eletrodos, produz uma vibração mecânica de sua placa. Em contraste, a bobina que rodeia um transdutor magnetostritivo gera um campo magnético que faz vibrar a barra do transdutor.

O transdutor eletromecânico do filtro é ligado a um ressoador mecânico, que pode ser um disco, barra, haste ou garfo, ou a vários ressoadores. A ligação pode ser feita tanto indiretamente, com fios de pequeno diâmetro, ou diretamente, com solda ou epóxi, caso em que o transdutor e o(s) ressoador(es) tornam-se um único elemento ressoante, afinado dentro da banda passante do filtro. A energia mecânica pode agora transferir-se do transdutor de entrada ao(s) ressoador(es), até o transdutor de saída, através do acoplamento mecânico. No transdutor de saída, as vibrações do material produzem um campo elétrico ou magnético, que gera um sinal elétrico de saída.

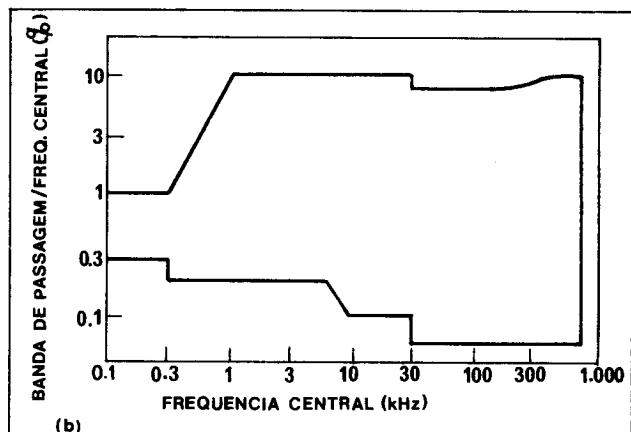
A freqüência central de um filtro mecânico é uma função das freqüências dos ressoadores, enquanto que a largura de banda depende das dimensões dos elementos de acoplamento, que geralmente são fios de pequeno diâmetro. Da mesma forma o número de ressoadores determina a seletividade do filtro, que é uma medida de quão bem ele rejeita freqüências adjacentes.



banda estreitas, da ordem de 10 a 200 Hz. Os filtros mecânicos proporcionam seletividade igual ou melhor que os tipos a cristal e os elétricos tipo «LC». Além de serem extremamente dignos de confiança, possuem excepcional estabilidade de freqüência a longo prazo e variam muito pouco em função da temperatura.

Embora tenham havido avanços tecnológicos significantes nesses aparelhos, sua construção fundamental não mudou. Eles todos consistem ainda de um par de transdutores eletromecânicos, ligados a ressoadores mecânicos, que são, muitas vezes, estáveis dentro de uma parte por milhão por °C e podem ter um «Q» tão alto como 20.000. Os possíveis tipos de transdutores, ressoadores e elementos de acoplamento são muitos (ver «renovação em filtros mecânicos», a seguir). Em particular, os filtros mecânicos que satisfazem às exigências dos projetos atuais de baixa freqüência e banda estreita, usam barras ressonantes do tipo de flexão e transdutores piezoeletricos de cerâmica. Os receptores de navegação Omega, por exemplo, podem entrar nesta classe de filtros mecânicos, devido ao

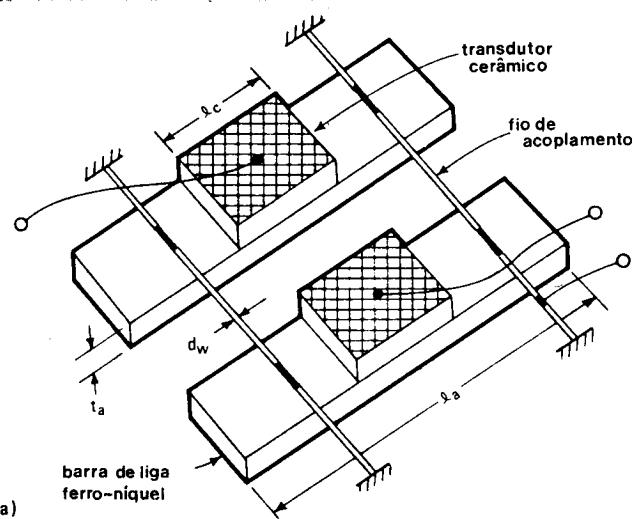
Filtros mecânicos com larguras de banda maiores que 1 a 2% da freqüência central, requerem indutores de sintonia ou capacitores conectados em série ou paralelo com os transdutores de entrada e de saída. O gráfico (b) mostra a largura de banda e a freqüência central em seus limites, nos modernos filtros mecânicos. A freqüência central pode estender-se de 10 Hz até 750 kHz, enquanto a largura de banda pode ser menor que 0,1% da freqüência central, ou tão grande quanto 10%.



alto «Q» de seus ressoadores, boa linearidade e excelente estabilidade a longo prazo e com a temperatura.

## PARA NAVIOS E AERONAVES

Omega é um sistema de rádio-navegação de baixíssima freqüência e grande alcance, que proporciona cobertura global para navios e aeronaves. Um sistema de cobertura mundial, de oito estações, transmitindo a 10,2; 11,33; e 13,6 kHz, gera uma rede hiperbólica de linhas de posição, baseada em medições de diferença de fase entre pares de transmissores, para a determinação de posições. Quando um avião ou navio muda de uma rota de meio comprimento de onda para outro, um computador atualiza sua posição, estabelecendo-a dentro de um raio de uma a duas milhas, em qualquer lugar do mundo. Para conseguir isto, a variação de fase de um sinal Omega, através do receptor, tem que ser mantida estável dentro de aproximadamente 2°, sem depender do nível dos sinais Omega e dos sinais fora de canal.



$BW \approx d^4$	$BW = \text{largura de banda}$
$f_0 \approx t_a / l_a^2$	$d_w = \text{diâmetro do fio de acoplamento}$
$l_c \approx BW$	$f_0 = \text{freq. central}$
	$t_a = \text{espessura da barra de ligação}$
	$l_a = \text{comprimento da barra de ligação}$
	$l_c = \text{comprimento do transdutor cerâmico}$

**FIGURA 1 VERSÁTIL** — Filtros mecânicos a flexão (a), estão abrindo caminho em telefonia, navegação e «modem». São simples modelos de dois ressoadores, que empregam transdutores cerâmicos e barras de ferro-níquel. Cada barra vibra em flexão, como é mostrado em (b).

Muitos receptores Omega operam com um pré-amplificador de antena alimentando um filtro de banda estreita. Uma largura de banda de 25 Hz, a 3 dB, é típica — o filtro deve ter uma banda larga o suficiente para deixar passar trens de pulsos de um segundo de duração, sem distorção; e uma banda estreita o suficiente para detectar sinais pequenos, na presença de ruído. O filtro mecânico é bem indicado para essa aplicação, porque trabalha bem ao longo de uma larga faixa de bandas de freqüências, de 10 Hz, no mínimo, até mais de 120 Hz. A medida que a proporção entre a freqüência central e a largura de banda aumenta, sobe o «Q» do sistema, assim como sua linearidade e estabilidade.

Esta característica é uma propriedade inherente do filtro de baixa freqüência, do tipo de flexão (fig. 1). O sinal de entrada é aplicado ao eletrodo da parte superior do transdutor piezoeletônico de cerâmica e o eletrodo da parte inferior é conectado à terra pela barra de ligação ferro-níquel e pela fiação de acoplamento. A tensão através dos eletrodos do transdutor faz a barra expandir-se e contrair-se em seu comprimento, causando a vibração que flexiona toda a estrutura. Os dois ressoadores de ligas de cerâmica, em barras, são acoplados mecanicamente por dois fios, de uma forma análoga ao acoplamento dos transformadores ou indutâncias dos ressoadores elétricos, em circuitos de freqüência intermediária.

Para bandas estreitas de freqüência, tanto o «Q» quanto a estabilidade de freqüência devem ser altos a ponto de manter reduzidas perdas por inserção e a distorção do sinal. Reduzindo-se o tamanho do transdutor cerâmico, relativamente ao da barra de ligação, que possui maior «Q» e maior estabilidade, produzem-se estes resultados. Em filtros de banda estreita, essa redução nas dimensões é acompanhada de uma redução no acoplamento eletromecânico (quanto menos material transdutor for usado, menor será o acoplamento necessário).

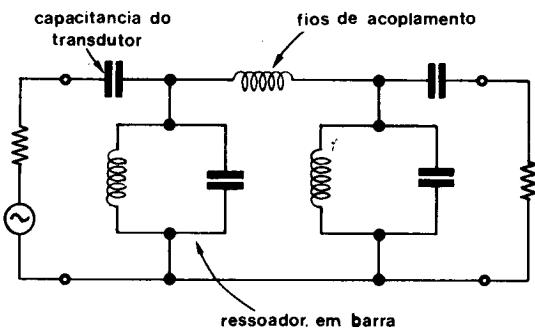
A estabilidade, a longo prazo, do filtro cerâmico a flexão está relacionada à sua largura de banda:

$$\Delta f = 0,02(BW) [\log(t/t_0)]$$

onde  $\Delta f$  é a variação na freqüência central,  $BW$  é a largura de banda a 3 dB, expressa em Hz, e  $t$  é o tempo, em dias. O tempo inicial,  $t_0$ , representa o tempo necessário para construir o filtro. Portanto, se  $t_0$  é igual a 10 dias, um filtro Omega que possua uma largura de banda de 50 Hz vai variar menos de 3 Hz em 10 anos.

Igualmente importante é a estabilidade com a temperatura. Para obtê-la, o fabricante do filtro precisa não somente «casar» o tamanho do transdutor com a largura de banda, mas também compensar a variação positiva de temperatura do transdutor de cerâmica, com a variação negativa de temperatura da barra de ligação. (O coeficiente de temperatura de freqüência da barra de ligação ferro-níquel pode ser ajustado por meio de tratamento térmico, para ter uma inclinação no sentido oposto àquele do transdutor.) Variação de freqüência com a temperatura é, principalmente, uma função da largura de banda e é apenas levemente dependente da freqüência central. Por exemplo, um filtro de 50 Hz de largura de banda exibe uma variação de freqüência de  $\pm 4\text{Hz}$ , em 10,2 kHz, ao longo de uma variação de temperatura de  $\pm 30^\circ\text{C}$ , enquanto que um filtro de largura de banda de 25 Hz varia somente de  $\pm 2\text{Hz}$ , com a mesma variação de temperatura, mesmo a 13,6 kHz.

Como já foi assinalado, em receptores Omega, a fase do sinal transmitido, na saída do filtro, não pode variar com mudanças na amplitude dos sinais de entrada. As variações de fase, seja qual for o tipo de filtro, são causadas por flutuações na freqüência do ressoador, quando o sinal varia em amplitude. Entretanto, em filtros de alto «Q», tal como um filtro mecânico de baixa freqüência, que possui Q's em seu ressoador que vão desde 1000 até 4000,



**FIGURA 2 À PROVA DE FALHAS.** Os filtros mecânicos podem ser feitos à prova de falhas, quando munidos de uma barreira mecânica que isola suas seções de entrada e saída. Esta representação elétrica equivalente mostra que qualquer curto à terra ou qualquer circuito aberto nos fios de acoplamento resultaria em saída nula.

a variação é pequena, mantendo geralmente a variação de fase abaixo de 0,5°.

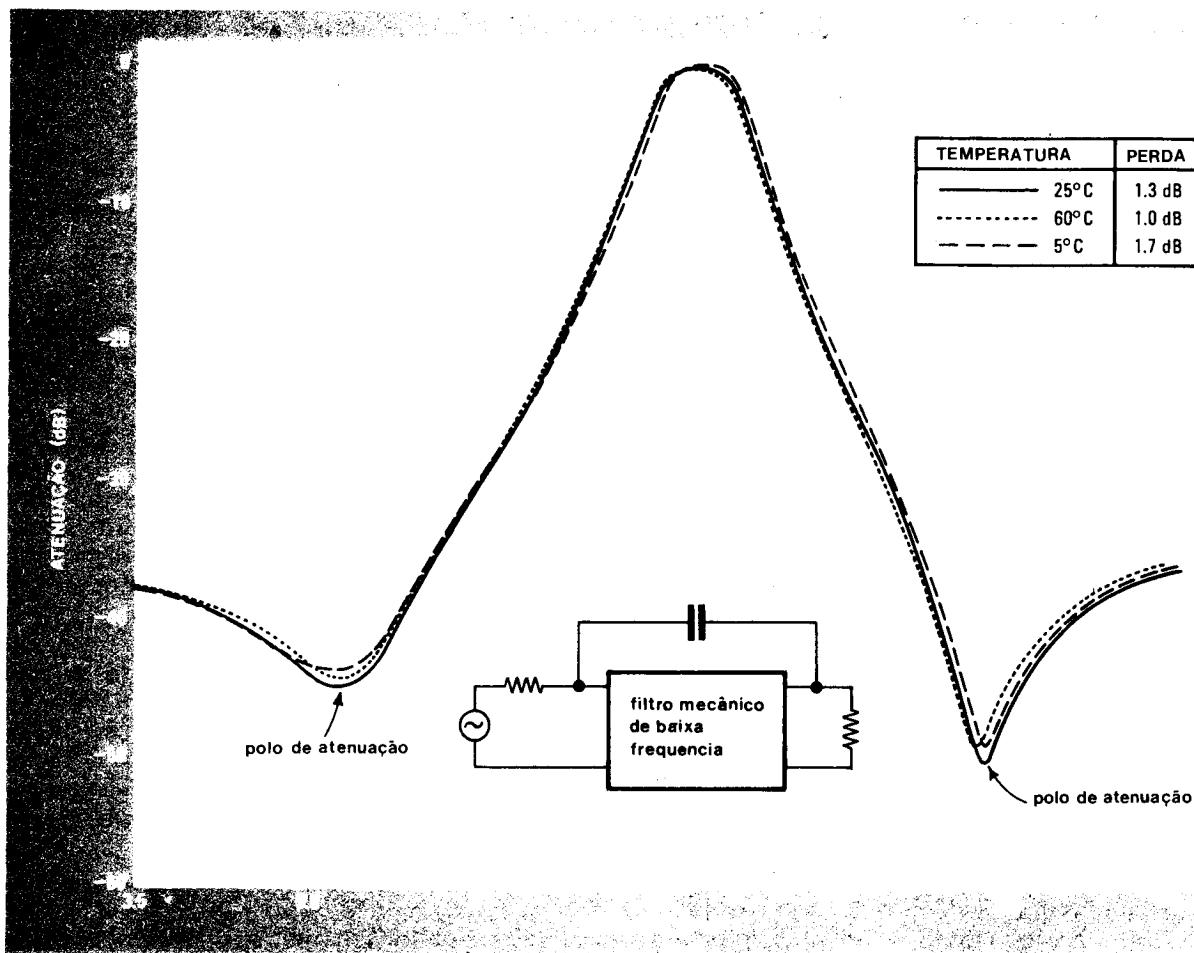
#### EM CONTROLES AUTOMÁTICOS DE TRENS

Em aplicações do tipo Omega, os filtros são projetados com uma amplitude arredondada da banda-passante e uma variação linear de fase versus freqüência, de forma a reduzir o «ringing», devi-

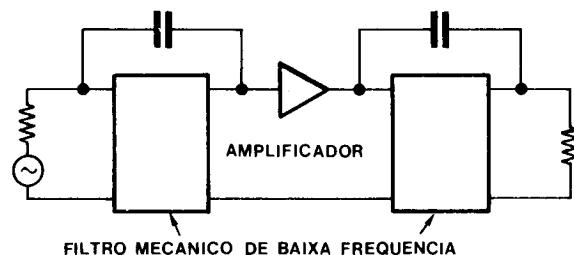
do ao ruído de impulso. Os filtros de baixa freqüência, mecânicos, usados em sistemas de controle de trens, precisam ter suas características de fase e amplitude controladas rigidamente. Em tal sistema, são usados filtros tendo 15 diferentes freqüências centrais, na faixa de 5 a 10 kHz, para funções do tipo de regulação da velocidade, despacho de trens e segurança.

Oito das 15 freqüências centrais são para comando da velocidade do trem, medição e detecção de excesso de velocidade. Os sinais de comando são codificados em variação de freqüência, por um par de freqüências, relacionado com um código digital de 6 bits, de maneira a se obter oito comandos únicos de velocidade, e uma antena, sob os trilhos, transmite os dados. O receptor do trem detecta os comandos, decodificando a informação por meio de um aparato de oito filtros em «pente» (comb-set), de 5 a 10 kHz, com larguras de banda de 28 Hz, bem como controles de precisão para «ringing» e perda por inserção.

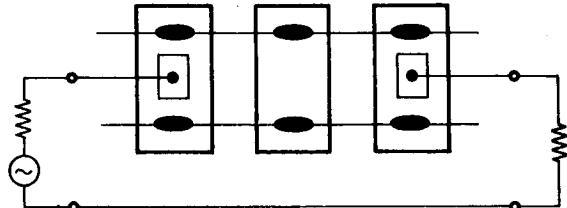
Devido à baixa relação sinal-ruido em um sistema de controle automático de trens, as variações na perda por inserção, de filtro para filtro, precisam ser mantidas abaixo de  $\pm 0,9$  dB e a apenas  $\pm 0,8$  dB,



**FIGURA 3 EXTREMAMENTE SELETIVO.** Provavelmente o uso mais difundido dos filtros mecânicos seja em circuitos sinalizadores para telefonia. Aqui, um capacitor em ponte é usado em paralelo a um filtro sinalizador de dois ressoadores, para incrementar sua seletividade no fim de banda. O capacitor cria um par de polos de atenuação.



a



b

**FIGURA 4** Para aplicações com «modems» codificadas em variação de freqüência, a seletividade do fim de banda pode ser incrementada de várias maneiras: acoplamento por amplificador(a) ou seções em cascata, empregando mais de dois ressoadores por seção (b), ou mesmo adicionando-se capacitores em ponte.

em uma faixa de temperaturas de  $-20^{\circ}\text{C}$  até  $+65^{\circ}\text{C}$ . Para este tipo de rendimento, o Q do ressoador do filtro precisa ser muito alto (por exemplo, da ordem de 2800).

Apesar de o desempenho elétrico ser crítico, ainda mais importante é a natureza à prova de falhas de construção em escala de um filtro mecânico. A figura 2 mostra a topologia de um aparato elétrico em escala, para um filtro mecânico à prova de falhas, que inclui uma barreira mecânica que isola a entrada e a saída do mesmo, evitando, desta forma, qualquer curto entre os estágios. Todos os outros curto-circuitos são à terra e resultam em saída inexistente. Da mesma forma, qualquer abertura de circuitos, causada por ruptura dos terminais ou fios de acoplamento, produzirá saída nula. Uma condição de saída nula desliga o sistema de controle automático, até que um reparo possa ser realizado, e o trem é operado manualmente, nesse ínterim.

Em contraste, um filtro de retícula de cristal não é à prova de falhas, tanto para circuito interrompido quanto para curto-círcuito. Além disso, na faixa de 5 a 10 kHz, o volume e peso de um filtro de baixa freqüência, mecânico, é menor que um décimo daquele de um filtro de retícula de cristal. A configuração à prova de falhas é o «item maior» dos filtros mecânicos de baixa freqüência, que medem, aproximadamente, apenas 5 por 4 cm. Adicionalmente, devido à simplicidade de construção, o tempo médio entre falhas está na ordem de  $3 \times 10^7$  horas — ou mais ou menos uma falha em 400 partes, em um período de 10 anos. Este é o tipo de confiabilidade necessária, não apenas para sistemas de transporte, mas também para equipamento telefônico, que é projetado para uma vida longa, de 20 anos ou mais.

### FILTROS DE SINALIZAÇÃO PARA TELEFONE

De fato, uma das aplicações mais comuns dos filtros mecânicos de baixa freqüência é a sinalização para circuitos telefônicos. O propósito de um circuito de sinalização é duplo: ele comunica a condição «desocupado» ou «ocupado», para indicar quando uma chamada telefônica pode ser realizada, e transmite o número que está sendo chamado, por meio dos pulsos do disco. Em todos os sistemas internacionais, e alguns dos domésticos, a sinalização é feita fora de faixa, isto é, a informação da sinalização é mais elevada em freqüência que a banda de transmissão de voz e é separada por um filtro de canal de voz. O filtro de sinalização precisa transmitir os dados de pulsos de disco a uma velocidade de 16 pulsos por segundo, de forma que a largura de banda seja, no mínimo, de 50 Hz e, mais comumente, ao redor de 100 Hz.

A filtragem do sinal pode ser obtida em áudio freqüências de 3 825 ou 3 850 kHz, ou a freqüências intermediárias, que são adjacentes à banda de freqüências do filtro de canal de voz. Alguns destes filtros de sinalização usam dois ressoadores, como na figura 1; outros, usam indutores de três barras, de entrada e saída, para casamento de impedâncias.

O acoplamento capacitivo entre terminais de entrada e saída de um filtro pode também melhorar a seletividade de fim de banda, que é uma medida da inclinação da resposta, fora da banda passante. A figura 3 mostra a resposta em freqüência de um filtro de sinalização de dois ressoadores, que tem um capacitor entre sua entrada e saída, dando origem a dois polos de atenuação (zeros de transmissão). Nas freqüências dos polos de atenuação, a corrente do capacitor é aproximadamente igual em magnitude (mas oposta em fase) à corrente de saída do filtro, causando daí um cancelamento do sinal. A variação de freqüência deste filtro é de apenas  $\pm 2$  Hz, ao longo de uma faixa de temperaturas de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ . Em geral, o desvio de freqüência será menor que 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ , sem importar o desenho particular do filtro.

O filtro da fig. 3 é uma unidade de dois ressoadores de 3 825 Hz, que possui uma banda passante de 50 Hz, a 3 dB. Devido à sua largura de banda fracional ser maior que 1%, a perda por inserção, à temperatura ambiente, é nominalmente igual a 1,4 dB, variando menos de  $\pm 0,4$  dB entre  $0^{\circ}\text{C}$  e  $60^{\circ}\text{C}$ . Mesmo sendo tão baixa, esta variação não é baixa o suficiente para algumas aplicações telefônicas, como filtros de tons-piloto.

### PARA TONS-PILOTO DE TELEFONES, TAMBÉM.

Em sistemas de multiplexação de telefonia, os tons-piloto controlam o nível dos sinais recebidos, assim como fazem soar alarmes, em caso de variações anormais do tom de entrada. Para cada grupo de mensagens a ser transmitido, um tom-piloto é gerado, em freqüências que não interferem com o canal de voz, como, por exemplo, a 84 080 kHz. Estes sinais simples, senoidais e de nível constante, são captados com um filtro de tom piloto de banda estreita e, então, subsequentemente, são amplificados, detectados e comparados com uma referência fixa, produzindo uma diferença (erro) em forma de tensão, que é usada para variar o ganho do sistema. A perda por inserção do filtro não pode variar, sequer com o tempo ou com a temperatura, por ser o nível do sinal em todo o sistema uma função da perda do filtro.

Até recentemente, filtros a cristal de quartzo eram usados no sistema de tom-piloto, devido às largas variações de Q dos materiais cerâmicos pie-

zoelétricos. No entanto, com o desenvolvimento de materiais cerâmicos estáveis em função da temperatura, é agora possível construir filtros mecânicos de tom-piloto que tem menos de  $\pm 0,2$  dB de variação, devida à perda por inserção, ao longo de uma faixa de temperaturas de 10°C até 50°C. Esses filtros têm dois ressoadores e uma largura de faixa de 28 Hz a 3 dB, em uma freqüência central de 12 080 kHz. Nessa aplicação, misturadores pouco dispendiosos podem ser usados para traduzir os tons-piloto para uma única freqüência, de maneira que somente um tipo de filtro precisa ser desenvolvido, resultando em redução de custos, tanto dos filtros como de seus circuitos associados.

#### ATÉ MESMO EM «MODEMS» FSK.

A mistura de freqüências é uma técnica também efetiva para «modems» codificados por freqüência (FSK modems), operando na faixa de voz, em canais telefônicos. Ao invés de um filtro para cada canal de dados, dentro do espectro de áudio (por exemplo, a 480 Hz, 720 Hz, 960 Hz, etc.), um único filtro é usado, a uma freqüência intermediária, que é então misturada para se obter a freqüência desejada, na faixa de áudio. Isto quer dizer que, para um mesmo ritmo de dados, filtros idênticos (exceto por uma unidade de cristal), podem ser empregados para cada uma das nove freqüências básicas. O filtro mecânico desenhado para um ritmo de 150 bits por segundo, tem uma freqüência central de 17,04 kHz e uma largura de banda de 120 Hz, que é a diferença entre a marca binária e as freqüências do espaço ( $\pm 60$  Hz, fora da freqüência central do canal). Outros filtros mecânicos para «modems» FSK são projetados para velocidades de processamento de 100 ou 75 bits/seg.

Os filtros mecânicos FSK são usualmente tipos de quatro ou seis ressoadores, com ou sem polos de atenuação, e também com várias formas de curvas de atenuação da banda passante. Conectando em cascata um par de seções de dois ressoadores e acoplando capacitivamente as seções, proporciona-se ótima seletividade de fim de banda. No entanto, este método tem o problema de ser altamente suscetível a «descasamento» das duas seções. Uma alternativa mais eficiente é conectar em cascata duas seções e, então, inserir um sistema isolador entre elas, ou empregar mais de dois ressoadores por seção, como é mostrado na figura 4.

De todos os desenhos em cascata, utilizados para incrementar a seletividade de fim de banda, o mais fácil de confeccionar é aquele que envolve o acoplamento amplificado de duas seções idênticas. Acoplamento amplificado de seções não idênticas, cada uma das quais realizando diferente curva de resposta, também produz boa seletividade, mas esta configuração é mais suscetível à freqüência do ressoador e a variações de acoplamento, do que aquela com seções idênticas. Seções de múltiplos ressoadores podem também ser conectadas em cascata, com bons resultados.

Ainda maior seletividade é possível, quando usamos conexão em ponte, por meio de capacitor, entre a entrada e a saída das seções de ressoador duplo. Neste caso, a freqüência ótima de fim de banda é obtida quando o capacitor em ponte é diferente para as duas seções, de maneira a trazer um par de polos de atenuação mais próximo à banda passante e permitir ao outro par ficar mais longe, de modo a manter a resposta de fim de banda abaixo de determinado limite.

#### AS POSSIBILIDADES SÃO NUMEROSAS.

Além do sistema de filtros acoplados por fios, que usa barras de flexão, existem inúmeros tipos de filtros mecânicos, tais como diapasões de dois ou três pontas, ressoadores em formato de «H», barras de flexão multimodo, anéis abertos, etc. Alguns deles usam acoplamento mecânico entre os ressoadores, enquanto outros usam acoplamento elétrico, em forma de uma escala ou reticula híbrida. Filtros a diapason têm freqüências centrais tão baixas como 300 Hz, enquanto que, aqueles em forma de «H», podem operar a menos de 100 Hz. Ambos os tipos proporcionam bandas passantes muito estreitas, com menos de 1% da freqüência central.

Nas aplicações de filtragem onde as larguras de banda tenham que ser maiores que 1 ou 2%, são requeridos um tamanho menor e maior estabilidade que a de um filtro LC e as bobinas podem ser usadas para ressoar com a capacidade do transdutor. Isto torna possível projetar um filtro mais «largo» que possua seletividade aumentada, desde que as respostas acústicas indesejáveis não estejam dentro da banda passante ou próximas a ela. Quando projetada como um transformador, a bobina de entrada pode ser também usada para «casamento» de impedância ou para redução de resposta para microfones.

Em adição às diversas aplicações examinadas aqui, os filtros mecânicos de baixa freqüência são usados em telemetria, receptores de sonar, equipamento de teste, e monitoração de circuitos. Em resumo, eles são ótima escolha, quando a aplicação pede por um filtro pequeno, estável e estreito em banda.

#### BIBLIOGRAFIA

R.A. Johnson, M. Borner, and M. Konno, «Mechanical Filters: a Review of Progress», IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, Vol. SU-18, July 1971, pp. 155-170.  
R.A. Johnson, «Mechanical Bandpass Filters» in «Modern Theory and Design», ed. G.C. Temes and S.K. Mitra, Wiley, New York, 1973.  
D.P. Havens and P. Isaacs, «Characteristics of Low-Frequency Mechanical Filters», Proceedings of the 1974 Ultrasonics Symposium, Nov. 1974, pp. 599-602.  
D.F. Sheahan and R.A. Johnson, «Modern Crystal and Mechanic Filters», IEEE Press, New York, 1977.